



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“FORMULACIÓN, ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE BIOENVASE PARA
CAMELOS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA, SACAROSA Y GELATINA”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO

PRESENTADO POR

IRVIN RICARDO TUBON USCA

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis se lo dedico a mi DIOS padre todopoderoso por concederme el don de la vida, a mi madre querida mi virgen María por protegerme y guiar mis pasos siempre.

A mis padres por ser uno de los pilares fundamentales en mi trayecto estudiantil y un ejemplo de constancia y perseverancia. A mi hermano Alex por su cariño y amistad, a mi hermana Gaby que a pesar de estar lejos siempre me ha apoyado y es un ejemplo a seguir.

A mis suegros, cuñados y a mi sobrino Martin por brindarme su amistad y apoyo.

A mi amada esposa que con su amor, paciencia, cariño y perseverancia me ha enseñado que hay que luchar por nuestros sueños y que el único límite que existe es aquel que lo ponemos.

A mi tutora y colaborador por ser una gran ayuda en la realización de esta investigación.

A la ESPOCH por ser el templo en el cual pude formarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Hoy después de haber terminado mi camino estudiantil, le doy infinitas gracias a mi señor DIOS todo poderoso por haberme permitido cumplir una meta más de mi vida. A mi Virgencita amada por cubrirme todos los días con su manto y darme su bendición.

A mis padres por haberme enseñado grandes valores que me han permitido llegar a donde estoy. A mis hermanos por su amor e infinito apoyo. A mi esposa que cada día me brinda su amor, es mi fortaleza y me motiva a seguir adelante.

Mi profundo reconocimiento a mi tutora de tesis Dra. Olga Lucero y colaborador Dr. Carlos Espinoza por su acertada asesoría y recomendaciones para la correcta culminación del trabajo de tesis.

Mi sincero agradecimiento a la ESPOCH y mis maestros que a lo largo de mi vida estudiantil me han brindado sus conocimientos para en la actualidad poder ser una persona útil a mi familia y a la sociedad.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“FORMULACION, ELABORACION Y EVALUACIÓN DEL BIOENVASE PARA CAMELOS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA, SACAROSA Y GELATINA”**, de responsabilidad del Sr. Egresado Irvin Ricardo Tubón Usca, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

DECANA FAC. CIENCIAS

Dr. Iván Ramos

DIRECTOR ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Dra. Olga Lucero

DIRECTORA DE TESIS

Dr. Carlos Espinoza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tc. Carlos Rodriguez

DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

NOTA DE TESIS

Yo, Irvin Ricardo Tubón Usca, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

IRVINRICARDOTUBONUSCA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

UPC	Código de barras
LUGS	Cajas con agarraderas
DOCE	Diario Oficial de la Unión Europea
CE	Comité Europeo
um	Micrómetros
b.s	Base seca
AINA	Instituto Tecnológico Agroalimentario
TWEEN	Medio de Cultivo
HPMC	Hidroxipropilmetil celulosa
MC	Metil celulosa
Tg	Temperatura de transición vitreo
°C	Grados centígrados
FAO	Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación.
Fudges	Microcristales de azúcar
pH	Potencial de hidrogeno
EFSA	Agencia de seguridad alimentaria de la Unión Europea
DOPA	Dihidroxifenilalanina
UE	Unión Europea
VU	Vida útil
Aw	Actividad de agua
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

1	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	Envase.....	1
1.2	Historia del envase.....	1
1.3.	Importancia de los envases en la alimentación.....	2
1.4	Funciones de los envases.....	3
1.5	Clases de envases	4
1.5.1	Empaque o envase primario.....	4
1.5.2	Envase secundario.....	5
1.5.3	Envase terciario de embalaje o transporte.....	5
1.6	Tipos de envases según el material.....	6
1.7	Toxicidad en los envases.....	6
1.8	Los envases como problema ecológico.....	7
1.9	Envase activo.....	9
1.10	Recubrimientos comestibles.....	10

1.10.1	Definición y propiedades funcionales.....	10
1.10.2	Historia de los recubrimientos.....	11
1.10.3	Importancia y funciones	11
1.10.4	Componentes de los recubrimientos comestibles.....	13
1.10.5	Factores que afectan a las propiedades funcionales de las películas comestibles compuestas.....	17
1.10.5.1	Efecto del lípido.....	17
1.10.5.2	Efecto del hidrocoloide.....	22
1.10.5.3	Efecto del plastificante.....	24
1.10.5.4	Efecto del espesor.....	26
1.11	Yuca.....	26
1.11.1	Propiedades de la yuca.....	27
1.11.2	Toxicidad.....	28
1.11.3	Almidón.....	28
1.11.3.1	La utilidad del almidón.....	29
1.12	Sacarosa.....	30
1.12.1	Propiedades físicas.....	30
1.12.2	Propiedades químicas.....	31
1.12.3	La sacarosa y la textura de los alimentos.....	31

1.13	Gelatina.....	33
1.13.1	Propiedades químicas de la gelatina.....	34
1.13.2	Propiedades funcionales de la gelatina.....	35
1.13.3	Gelificación de un sol de gelatina.....	36
1.14	Colorantes.....	36
1.14.1	Betalainas.....	37
1.14.2	Plantas que contienen betalainas.....	38
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	39
2.1	LUGAR DE REALIZACIÓN.....	39
2.2	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	39
2.2.1	MATERIA PRIMA.....	39
2.2.2	EQUIPOS.....	39
2.2.3	MATERIALES.....	40
2.2.4	REACTIVOS.....	40
2.2.5	MEDIOS DE CULTIVO.....	41
2.3.1	FASE EXPERIMENTAL.....	41
2.3.1.1	Formulaciones.....	41
2.3.1.2	Procedimiento para la elaboración del bioenvase.....	42
2.3.1.3	Determinación de parámetros físicos.....	42
2.3.1.3.1	Análisis sensorial.....	42
2.3.1.2.2	Aceptabilidad mediante prueba de degustación.....	43

2.3.1.2.3	Determinación de la viscosidad.....	43
2.3.1.2.4	Ensayo de tracción hasta rotura.....	43
2.3.1.2.5	Permeabilidad al agua.....	44
2.3.1.2.6	Espesor de la película.....	46
2.3.1.3.	Análisis microbiológico.....	46
2.3.1.3.2	Determinación de microorganismos Aerobios Mesófilos.....	46
2.3.1.3.3	Determinación de Coliformes Fecales.....	46
2.3.1.3.4	Determinación de Staphylococcus Aureus.....	46
2.3.1.3.5	Determinación de Mohos y Levaduras.....	46
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1	Resultados del análisis sensorial del bioenvase.....	47
3.2.	Resultados del análisis de aceptabilidad.....	48
3.3.	Resultados de la determinación de la viscosidad.....	53
3.4	Resultados del espesor de la película.....	55
3.5	Resultados del ensayo de tracción hasta rotura.....	55
3.6.	Resultados de la permeabilidad al agua.....	57
3.7	Resultados del análisis microbiológico.....	59
4	CONCLUSIONES.....	60
5	RECOMENDACIONES.....	61
6	RESUMEN.....	62
	SUMMARY.....	63
7	BIBLIOGRAFÍA.....	64

8	ANEXOS.....	74
----------	--------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA No. 1	Toxicidad de los envases.....	11
TABLA No. 2	Uso de recubrimientos y películas comestibles.....	13
TABLA No.3	Ejemplos de aditivos alimentarios en la formulación de recubrimientos comestibles.....	18

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No. 1	Proporción de ingredientes para la elaboración del bioenvase.....	60
CUADRO No. 2	Resultado del análisis sensorial del bioenvase.....	61
CUADRO No. 3	Resultado del análisis de la viscosidad del bioenvase.....	64
CUADRO No. 4	Resultado del análisis del espesor del bioenvase.....	65
CUADRO No. 5	Resultado del análisis de la tracción del bioenvase.....	65
CUADRO No. 6	Resultado del análisis de la absorción de agua del bioenvase.....	67
CUADRO No.7	Resultado del análisis microbiológico del bioenvase.....	67
CUADRO No. 8	Transformación a unidades de UFC/g.....	68
CUADRO No. 9	Análisis del resultado de Aerobios Mesófilos.....	68
CUADRO No. 10	Análisis del resultado de Coliformes fecales.....	69
CUADRO No. 11	Análisis del resultado de Staphylococcus Aureus.....	72
CUADRO No. 12	Análisis del resultado de Mohos y Levaduras.....	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO No. 1	Resultado de la evaluación de los atributos del bioenvase.....	64
GRÁFICO No. 2	Resultado de la evaluación del color.....	77
GRÁFICO No.3	Resultado de la evaluación del aspecto.....	77
GRÁFICO No. 4	Resultado de la evaluación de la textura.....	77
GRÁFICO No.5	Resultado de la evaluación del sabor.....	78
GRÁFICO No.6	Resultado de la evaluación del bioenvase.....	78
GRÁFICO No.7	Resultado de las características de agrado del bioenvase.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	Molécula de recubrimientos comestibles.....	6
FIGURA No.2	Fórmula estructural de la sacarosa.....	18
FIGURA No. 3	Perfil de aminoácidos de la gelatina pura.....	26
FIGURA No. 4	Estructura de las betalainas.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No. 1	Encuesta aplicada para el análisis de aceptabilidad.....	74
ANEXO No. 2	Resultado del análisis de tracción del bioenvase.....	75
ANEXO No. 3	Resultado del análisis microbiológico.....	76
ANEXO No. 4	Gráficos de la encuesta de aceptabilidad.....	77
ANEXO No. 5	Fotos de las pruebas realizadas.....	79

INTRODUCCIÓN

La producción de confites y caramelos a nivel del Ecuador es bastante elevada, habiendo muchas empresas que se dedican a esta actividad. Entre las más importantes en nuestro país están la Universal, Confiteca, Colombina, y Arcor (estas dos últimas colombiana y chilena respectivamente) que tienen una producción de caramelos y chocolates en varias presentaciones y tipos, pero a pesar de ser unos imperios tan grandes no se han preocupado por tratar de buscar una forma de disminuir la producción de envases de plástico para sus caramelos.

Como se sabe, la mayoría de los productos plásticos y polímeros sintéticos derivados del petróleo garantizan la protección deseada en diversos tipos de aplicaciones en términos de costo, marketing, protección física, química y óptica, tienen la desventaja de que no son biodegradables, por lo que son responsables de gran parte de los residuos contaminantes que se acumulan en la naturaleza. La fabricación de la mayoría de envases requiere un alto costo energético, energía que se pierde en gran medida porque suelen tirarse tras el primer uso; su destrucción es igualmente muy costosa, energéticamente hablando, y muy contaminante en la mayoría de los casos. (17)

En efecto, los recubrimientos comestibles son capas finas y continuas de material que se disponen sobre las superficies de los alimentos o separando diferentes fases de un sistema alimentario. Su finalidad es mejorar la calidad y aumentar la vida comercial de una gran variedad de productos. La demanda de productos de mayor calidad, más seguros, cómodos en su preparación y respetuosos con el medio ambiente ha hecho que en los últimos veinte años se haya impulsado el desarrollo de recubrimientos comestibles.

Los primeros recubrimientos comestibles inician en los siglos XII y XIII en China donde se realizaba la inmersión en cera a naranjas y limas para retardar la pérdida de agua. Durante el

siglo XVI se practicaba en Inglaterra el “enmantecado”, esto es, el recubrimiento con grasa de productos alimentarios para prevenir también la pérdida de humedad de éstos. En el siglo XIX se emplearon películas de gelatina como único ingrediente para la preservación de carnes y otros alimentos. Alrededor de los años 30 ya se encontraban comercialmente disponibles ceras parafínicas que se derretían con calor para el recubrimiento de cítricos, y en los comienzos de los años 50 se desarrollaron emulsiones aceite-agua con cera de carnauba para el recubrimiento de frutas frescas y hortalizas. Entre los años 50 y 80 se realizó trabajos orientados al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, desafortunadamente, la mayor parte de este trabajo es de valor limitado debido a la carencia de datos cuantitativos de las características de barrera de los recubrimientos. A partir de los 90, se ha reportado que es posible conseguir efectos similares de barrera al vapor de agua y gases en productos tropicales utilizando diferentes mezclas de aceites, ceras y celulosa. (14) (16) (38)

En la actualidad las investigaciones sobre los beneficios que brinda el uso de recubrimientos comestibles es muy extenso tal es el caso que en España la Doctora Marina Serra investigadora del centro tecnológico AINA ha logrado alargar la vida útil hasta 13 días en manzanas y hasta 9 días en patatas (productos listos para el consumo: cortados, preparados, lavados y envasados), gracias al desarrollo tecnológico logrado a través de la incorporación de recubrimientos comestibles con antioxidantes. (46)

De la misma manera en la ESPOCH se encontraron trabajos de investigación elaborados con la principal finalidad de alargar la vida útil de los alimentos en los que fueron aplicados dichos recubrimientos.

Por lo expuesto la presente investigación tuvo como finalidad “Formular, Elaborar y evaluar un bioenvase para caramelos a base de Almidón de Yuca, Sacarosa y Gelatina”. Dado que no existen normas INEN exclusivas para bioenvase que establezcan parámetros de calidad se

realizaron los análisis con normas en base a sus ingredientes y a normas sobre láminas plásticas.

Se estableció primero seis formulaciones que fueron evaluadas mediante un análisis visual el mismo que permitió determinar el bioenvase con las mejores características, dando como resultado una sola proporción (A1:B3:C2) la que cumplió con los parámetros deseados (Helen Charley). Luego se realizó la prueba de aceptabilidad, en donde el producto fue aceptado tanto por sus propiedades físicas, sensoriales y a más de eso se lo considero como innovador. Por lo que se procedió a realizar pruebas físico-químicas como la viscosidad, el espesor, la tracción y la permeabilidad al agua. Se obtuvo como resultado un bioenvase con propiedades similares a envases plásticos (polietileno, papel celofán, etc), con una viscosidad de 5,54 cstK, con un espesor de 0,09 mm, con una tracción de 140.6 Kg/cm² y una permeabilidad al agua del 80%.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ENVASE

Según el CODEX ALIMENTARIUS un envase es cualquier recipiente que contiene alimentos para su entrega como un producto único, que los cubre total o parcialmente, e incluye los embalajes y envolturas. Un envase puede contener varias unidades o tipos de alimentos pre envasados cuando se ofrece al consumidor. (10)

El objetivo primordial de los envases es conservar los nutrientes y propiedades organolépticas proporcionando higiene y sanidad al producto envasado. (7)

Con la evolución de la sociedad los envases han cambiado también, reflejando nuevos requisitos y características sobre estos. Actualmente los productos que se consumen llevan envases que reflejan las necesidades presentes: facilidad de apertura, descripción del contenido y protección del mismo, buena calidad, precio razonable, etc. Incluso influye en los consumidores el aspecto, el colorido y el peso del producto. Las decisiones de compra están influidas por las características externas de los envases. De lo anterior que la presentación, el tamaño, la facilidad de transporte, la variedad e intensidad de colores del envase influyen en el consumo de los productos respectivos. (43)

1.2. HISTORIA DEL ENVASE

Los primeros envases fueron tomados directamente de la naturaleza, como conchas de mar frutos como el coco. Posteriormente, se elaboraron artesanalmente en madera envases que imitaban la forma de esos contenedores naturales. Estos fueron reemplazados por fibras de plantas, las que tejidas constituyeron los canastos que fueron los primeros contenedores livianos a gran escala. Otro material que se usó para contenedores fue la piel de animales hace más de 10.000 años atrás y sirvieron simplemente para contener bienes necesarios para

la supervivencia, especialmente alimentos y agua. Posteriormente, se fabricaron contenedores de arcilla en Siria, Mesopotamia y Egipto, donde además de su funcionalidad los contenedores fueron un medio de expresión artística que actualmente provee importante información de las culturas antiguas y sus valores. (11)

A mediados del siglo XX la gran transformación de la vida rural a la vida urbana exigió que los alimentos pudieran ser transportados desde el campo a la ciudad y pudieran mantenerse durante mayores periodos de tiempo en buen estado de conservación. Aparecen los supermercados y grandes almacenes de autoservicio donde los alimentos no podían ser manipulados individualmente desde los barriles y pesados en los mesones. Se necesitaron nuevos contenedores para adaptarse a esos cambios. Los envases de cartón y papel tuvieron una gran aceptación, ya que mantenían las cantidades pre-pesadas de café cereales, sal y otros artículos básicos. Estos eran fáciles de almacenar, apilar y etiquetar. Mantenían los alimentos alejados de los insectos y el polvo, principales problemas que se enfrentaban con los alimentos. (21)

El siglo XX también vio nacer un nuevo material de envase, el plástico. Cuando los químicos encontraron el procedimiento para unir pequeñas moléculas orgánicas y formar otras más grandes y pesadas, comparables a las de las resinas vegetales, se gestó el mundo de las resinas sintéticas que todos conocemos con el nombre genérico de plásticos. (35)

1.3. IMPORTANCIA DE LOS ENVASES EN LA ALIMENTACIÓN

Los envases son esenciales para promover y mantener la salud pública y el bienestar económico de toda sociedad. Colaboran de manera significativa conservando los productos que contiene, de esta manera reducen la cantidad de desechos sólidos, permitiendo el desarrollo socioeconómico y a la protección del medio ambiente.

Los envases conforman un componente esencial de los sistemas de distribución de los alimentos y contribuyen a poner una gran variedad de productos al alcance del consumidor. La existencia de producto y empaque coadyuva de manera importante a reducir el tiempo

requeridos para la compra y preparación de los alimentos creando la competencia entre materiales de envase, proveedores y empacadores de alimentos, traducándose en la búsqueda continua de esquemas de disminución de envolturas y envases. (7)

Los envases de un solo uso proporcionan beneficios para la salud, al eliminar cualquier posibilidad de transmisión de enfermedades. A demás de contribuir con el medio ambiente al disminuir el consumo de materias primas naturales no renovables. (56)

1.4. FUNCIONES DE LOS ENVASES

La interacción del producto con el entorno podría tener como consecuencia la ruptura, contaminación, descomposición, oxidación, pérdida de humedad, y muchos otros daños ya sean de tipo mecánico, químico o biológico, por lo que las funciones de los envases son:

- **Protección física:** El contenido del envase necesita estar protegido de golpes, vibraciones, compresión, temperatura, etc.
- **Protección de barrera:** Se refiere a una barrera ante el oxígeno, vapor de agua, polvillo, etc.

La permeabilidad del envase es un factor crítico en el diseño por lo que algunos traen desecantes o absorbentes de oxígeno para ayudar a extender su vida en las estanterías.

Algunos envases de alimentos mantienen una atmosfera controlada. Manteniendo el contenido, fresco, y seguro para prolongar la vida en las estanterías. (21)

Más allá de los usos básicos (contener, proteger y almacenar el producto), el envase debe cumplir con otras funciones igual de importantes como:

- **Diferenciar en el anaquel:** Si tenemos la oportunidad de elegir entre varias marcas, la que sea visualmente más atractiva o se distinga del resto.
- **Posicionarse en la mente del consumidor:** Un envase bien diseñado es aquel que por sus elementos gráficos nos dice qué tipo de producto es el que vamos a elegir.

- Medio publicitario: La competencia en el anaquel es muy cerrada y a través de la publicidad en el envase se puede influir en la preferencia del consumidor, de forma independiente a los esfuerzos publicitarios realizados en medios masivos.

Razones por las que la diversidad y competitividad de los mercados se ha convertido en un factor de gran importancia para las empresas buscan la oportunidad de que sus productos sean los elegidos. (11)

1.5. CLASES DE ENVASES

Por razones económicas y de higiene la industria del envasado diseña y fabrica a partir de diversas materias primas envases o empaques necesarios para la protección, presentación y traslado de productos alimentarios, lo que ha llevado a categorizar a los envases en tres diferentes clases o niveles. (19)

1.5.1. EMPAQUE O ENVASE PRIMARIO

Es todo aquel que contiene al 1 producto en su presentación individual o básica dispuesto para la venta de primera mano. A este grupo pertenecen las bolsas plásticas, botellas, sistema tetra-brick, enlatados, películas o recubrimientos comestibles entre otros. (10)

El empaque debe contener datos fundamentales en los que se incluyen el nombre del producto, marca, peso, variedad, productor y país de origen. Asimismo, los productos perecederos deben incluir la fecha de producción y la de vencimiento. Algunos productos advierten acerca de su grado de toxicidad, forma de manipulación y condiciones de almacenamiento. (30)

Los productos de calidad, elaborados bajo normas industriales aplicadas, poseen un UPC. En el medio es conocido como el Código o de Barras, que se traduce en una serie de dígitos que presentan información acerca del productor y del producto como tal. El código facilita el control rápido de inventarios y costos. Un sistema de empaque de primer nivel bien pensado cumple una función comercial definitiva, ya que gracias a él se puede motivar al comprador al indicarle las fortalezas y beneficios del producto. (6) (30)

1.5.2. ENVASE SECUNDARIO

Es un complemento externo que agrupa varias muestras de empaques primarios, su función es resguardarlo en cantidades que simplifiquen su distribución, almacenamiento e inventario. Dentro del segundo nivel se encuentran las cajas de cartón, guacales, canastas, bandejas y cajas agujereadas (lugs), entre otros. Éstas deben contener ordenadamente las unidades, el recipiente debe ajustarse al producto aprovechando sus dimensiones al máximo. (30)

Las cajas deben ir debidamente marcadas indicando la cantidad de unidades, su resistencia máxima al momento de apilarlas, la marca del producto y sus características básicas. En el caso de productos de difícil maniobrabilidad o grado significativo de fragilidad, la caja debe presentar la respectiva advertencia. En este punto del proceso, se debe tener en cuenta que de la calidad de los materiales empleados, dependerá la buena presentación del producto. (30)

1.5.3. ENVASE TERCIARIO DE EMBALAJE O TRANSPORTE

El embalaje se utiliza con el fin de integrar cantidades uniformes del producto, ya dispuesto bajo las normas del empaque secundario. Los materiales se seleccionan de acuerdo a las disposiciones del producto; sin omitir, costos, especificaciones del comprador, estándares internacionales, resistencia, fletes y entorno ambiental, entre los empaques más utilizados se encuentran las tolvas, guacales alambrados o clavados, tarimas, canastas y contenedores entre otros. (30)

Dentro de los grandes contenedores de embarque se agregan divisores o tabiques de cartón o plástico, con el fin de dividir y asegurar la mercancía. La carga es provista previamente de refuerzos a los costados y en los extremos para aumentar su resistencia a la compresión, aplicando los estándares en el manejo de carga internacional o norma ISO 3394, se recomienda el uso de estibas de madera con dimensiones de 120 x 100 centímetros y no más de 5 módulos, según el estándar norteamericano. Para el estándar europeo las estibas son de 80 x 120 centímetros y no más de 4 módulos. (30)

Para el transporte de carga marítima se recomienda el uso de estibas de 120 x 100. Por la especificidad en el manejo y tratamiento de las mercancías al momento de convertirlas en

una sola unidad de carga o container, algunos expertos suelen darle la connotación de un cuarto nivel de empaque. (30)

1.6. TIPOS DE ENVASES SEGÚN EL MATERIAL

Según el material de fabricación de los envases se clasifican en:

- Envases de vidrio
- Envases de plástico
- Envases de cartón
- Envases de metal
- Envases comestibles.

De los antes mencionados los envases de menor impacto ambiental son los envases comestibles y de vidrio, este último es considerado de esta manera debido a que cumple con el proceso de reciclaje de forma continua, para lo cual el vidrio se lava y después se tritura para ser fundido nuevamente gracias a que no se degrada, por lo que se transforman envases en mal estado en otros nuevos con propiedades fisicoquímicas idénticas a los originales.

1.7. TOXICIDAD EN LOS ENVASES

La toxicidad de los envases más conocidos y usados se describe en la Tabla 1. En función a los materiales tóxicos usados en la fabricación. (22)

Tabla No. 1. Toxicidad de los envases

	MATERIALES TÓXICOS USADOS EN LA FABRICACIÓN DE ENVASES
Plástico	<p>Migración de los compuestos que intervienen en su elaboración como por ejemplo; plastificantes, lubricantes, pigmentos y monómeros por lo que deben mantenerse en los niveles más bajos</p> <p>BISFENOLA: químico que se emplea en la fabricación de biberones y otros, causando la pubertad temprana en niñas y cáncer de próstata y mama.</p>

	ARCHILAMIDA: provoca cambios en el sistema nervioso central, cuando la exposición es en altas dosis mientras que la exposición prologada da como resultado neuropatía periférica.
Vidrio	Para facilitar el deslizamiento entre el contenido y el envase se usa lubricantes los cuales son: mezclas de alquilfenoxi, polioxietanol, estearato de butilo, mono estearato de polietilenglicol, ácido esteárico, hidróxido de potasio, dietilenglicol La mala formación en la corona de los envases permite el intercambio de gases, ocasionando puntos negros en el alimento que afectan el sabor y aroma del producto
Metal	El lubricante que se usa debe ser de grado atóxico. ESTAÑO: confiere a la hojalata resistencia a la corrosión, pero puede contraer impurezas tóxicas como: Pb, Zn, Fe, etc. El barniz utilizado debe ser compatible con el alimento. Algunos envases de metal contienen una fina capa de estaño, la cual, si llega a quebrarse por algún golpe o caída, el producto contenido queda en contacto directo con el metal y de esta forma se desnaturaliza el producto.

Fuente: <https://www.facua.org/es/noticia.php?Id=32>

1.8. LOS ENVASES COMO PROBLEMA ECOLÓGICO

Los envases son un invento que ha mejorado la calidad de vida de los seres humanos; sin embargo, lo negativo de ese desarrollo y transformación es el enorme problema ambiental producido por la acumulación de los materiales de desecho que generan. (12)

A pesar de que la mayoría de los productos plásticos y polímeros sintéticos derivados del petróleo garantizan la protección deseada en diversos tipos de aplicaciones en términos de costo, marketing, protección física, química y óptica, tienen la desventaja de que no son biodegradables, por lo que son responsables de gran parte de los residuos contaminantes que se acumulan en la naturaleza. (12)

La fabricación de la mayoría de envases requiere un alto costo energético, energía que se pierde en gran medida porque suelen tirarse tras el primer uso; su destrucción es igualmente muy costosa, energéticamente hablando, y muy contaminante en la mayoría de los casos. La

incineración de determinados tipos de plástico es una de las causas de la lluvia ácida que destruye bosques y la salud de los seres humanos; cabe recordar que los envases plásticos abandonados a la intemperie por sus cadenas moleculares resisten a romperse por la acción de agentes naturales, razón por la cual generalmente necesitan un promedio de 150 años para degradarse, lo que está provocando una contaminación ambiental importante en todo el planeta. (12).

La fabricación de la mayoría de envases requiere un alto costo energético, energía que se pierde en gran medida porque suelen tirarse tras el primer uso; su destrucción es igualmente muy costosa, energéticamente hablando, y muy contaminante en la mayoría de los casos. La incineración de determinados tipos de plástico es una de las causas de la lluvia ácida que destruye bosques y la salud de los seres humanos; cabe recordar que los envases plásticos abandonados a la intemperie por sus cadenas moleculares resisten a romperse por la acción de agentes naturales, razón por la cual generalmente necesitan un promedio de 150 años para degradarse, lo que está provocando una contaminación ambiental importante en todo el planeta. (12)

La fabricación de vidrio también exige un alto consumo de energía y, aunque este material está hecho a partir de materias primas abundantes, tampoco es biodegradable, por lo que tiene un fuerte impacto ambiental. En el caso de los envases metálicos, las populares latas de refrescos representan del 6 al 9 por ciento de la basura que se produce en todo el mundo; como es evidente, su recuperación es escasa para posteriores usos y casi no son biodegradables, por lo que la única salida ecológicamente razonable para las latas es el reciclaje. (12)

Varios países han tenido que reconocer la necesidad de proponer restricciones ambientales basadas en una verdadera política de control de residuos no degradables mediante el principio de las “tres R”: (12)

- Reducir la cantidad de residuos de envases contaminantes.
- Reutilizar el material lo más que sea posible
- Reciclarlo para producir nuevos materiales.

Con el propósito de atenuar los problemas de la contaminación, se han realizado numerosos estudios para valorar algunos materiales alternativos. En ese sentido, surgió el concepto de plástico biodegradable asociado al uso de materias primas renovables que ofrecen un buen control en el medio ambiente después de diversos usos. Los biopolímeros, con macromoléculas sintetizadas por procesos biológicos o por vía química a partir de monómeros naturales o idénticos a los naturales. (12)

El proceso tecnológico más apropiado para la industrialización de los biopolímeros es por extrusión. Este proceso térmico se ha aplicado con éxito en la obtención de diversos materiales manufacturados a base de polímeros de almidón (provenientes de cereales, raíces, tubérculos, etc.) mezclados con otros materiales orgánicos vegetales y animales, lo que ha generado productos termoplásticos, expandidos, texturizados, espumados, acolchados y otros muchos. (8)

Los polímeros naturales también son biodegradables en estado nativo, aunque el ciclo de vida de algunos de ellos es relativamente corto, como en el caso de las ligninas. A manera de ejemplo, podemos citar a la celulosa, hemicelulosa, almidón, gomas, lignina, quitina, etc., las proteínas (colágeno, gelatina, y caseína) y el hule natural, todos los cuales se están probando hoy en día en la fabricación de diferentes embalajes y papel. Por fortuna, en estos momentos diversos investigadores de algunos países están preocupados por evitar la contaminación ambiental y tratan de desarrollar materiales plásticos biodegradables para reducir la basura provocada por los terribles plásticos sintéticos y eliminarlos en un tiempo no muy lejano. (12)

1.9. ENVASE ACTIVO

En términos generales envase activo se define un tipo de envase que “aporta sustancias que interactúan con el alimento y/o con el ambiente que le rodea para mejorar su conservación. En noviembre de 2004 se promulgó una nueva reglamentación europea sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con los alimentos (Reglamento N° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos

destinados a entrar en contacto con alimentos, DOCE, 13 de noviembre de 2004) definiéndose por primera vez los materiales y objetos activos como los destinados a ampliar el tiempo de conservación, o a mantener o mejorar el estado de los alimentos envasados, y que están diseñados para incorporar deliberadamente componentes que transmitan sustancias a los alimentos envasados o al entorno de éstos o que absorban sustancias de los alimentos envasados o del entorno de éstos. (42)

En si el envasado activo consiste en la adición de una sustancia activa al material del envasado, mejorando de esta forma la funcionalidad del envase. En el caso del envasado antimicrobiano se consigue minimizar o evitar la contaminación superficial de los alimentos, de ahí el interés de su aplicación en los productos cárnicos listos para el consumo. (4)

Algunos de los sistemas que se pueden utilizar para que el envasado resulte activo son: agentes que captan oxígeno, compuestos que absorben la humedad, controladores de aroma y olor, agentes antimicrobianos, etc. En algunos casos, los reactivos o compuestos químicos implicados en la producción o eliminación de gases se incluyen en una etiqueta situada en la superficie interna del envase. En otros, se introducen dentro del envase en pequeñas bolsas fabricadas con materiales permeables. Otra posibilidad es incorporarlos en películas poliméricas o en adhesivos, tintas, etc., formando parte de los materiales de envasado multicapa. De esta manera se elimina la percepción negativa que tienen algunos consumidores sobre la presencia de “objetos extraños” en contacto con el alimento mientras se consigue un envase que interactúa con el alimento de forma positiva. Un aspecto interesante del nuevo reglamento que regula los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos es el que establece, por ejemplo, que los materiales y objetos activos en contacto con los alimentos no deben liberar o absorber sustancias como aldehídos o aminas. (4)(8)

1.10.RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

1.10.1. DEFINICIÓN Y PROPIEDADES FUNCIONALES

Los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles que forman una fina capa sobre el alimento. Constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a

mantener la integridad estructural de producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar de vehículo de aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, etc.). Aplicados a frutas permiten controlar la respiración y senescencia de forma similar a las atmosferas modificadas, ejerciendo una barrera a los gases que reduce el deterioro del fruto. Ejercen, asimismo, una barrera al vapor de agua que reduce la transpiración del fruto y el deterioro asociado a este proceso fisiológico. (22)

1.10.2. HISTORIA DE LOS RECUBRIMIENTOS

La historia de los recubrimientos comestibles inicia en los siglos XII y XIII en China donde se realizaba la inmersión en cera a naranjas y limas para retardar la pérdida de agua. Durante el siglo XVI se practicaba en Inglaterra el “enmantecado”, esto es, el recubrimiento con grasa de productos alimentarios para prevenir también la pérdida de humedad de éstos. En el siglo XIX se emplearon películas de gelatina como único ingrediente para la preservación de carnes y otros alimentos. Alrededor de los 30's ya se encontraban comercialmente disponibles ceras parafínicas que se derretían con calor para el recubrimiento de cítricos, y en los comienzos de los años 50's se desarrollaron emulsiones aceite-agua con cera de carnauba para el recubrimiento de frutas frescas y hortalizas. Entre los años 50's y 80's se realizó trabajos orientados al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, desafortunadamente, la mayor parte de este trabajo es de valor limitado debido a la carencia de datos cuantitativos de las características de barrera de los recubrimientos.

A partir de los 90's, se ha reportado que es posible conseguir efectos similares de barrera al vapor de agua y gases en productos tropicales utilizando diferentes mezclas de aceites, ceras y celulosa. (14) (16) (38)

1.10.3. IMPORTANCIA Y FUNCIONES

Los recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta

calidad, estabilidad y economía, al realizar una o más de las funciones indicadas en la siguiente tabla:

Tabla No. 2: Usos de Recubrimientos y Películas Comestibles

FUNCIÓN/ APLICACIÓN	TIPO ADECUADO DE PELÍCULA
Retardar migración de humedad	Lípido, compuesto
Retardar migración de gas	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Retardar migración de aceite y grasa	Hidrocoloide
Retardar migración de soluto	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo.	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Retener compuestos volátiles del sabor	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Vehículo de aditivos alimentarios	Hidrocoloide, lípido, o compuesto

Fuente: Tesis Doctoral de la BQF. María Llanos Navarro Tarazaga.

Pueden emplearse como barrera a gases y vapor de agua, para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento como es el caso en el recubrimiento de frutas y hortalizas frescas, en donde la función primordial es la de impedir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente y reducir la absorción de oxígeno por la fruta para disminuir la tasa de la actividad respiratoria. (14)

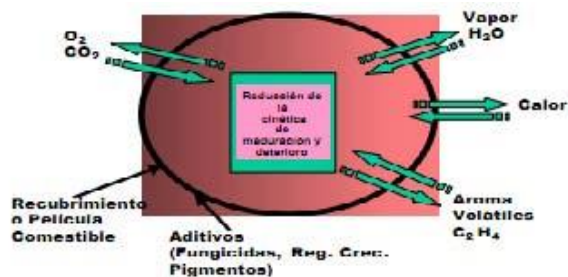


Figura No. 1: Molécula de recubrimientos comestibles

Una de las ventajas de esta tecnología es el hecho de que estos materiales pueden servir como vehículos de otros ingredientes con un propósito específico diferente, así por ejemplo, se han incorporado en las formulaciones agentes antimicrobianos, saborizantes, antioxidantes y pigmentos. También pueden mejorar las propiedades de manejo mecánico o

integridad estructural de un producto alimentario, como sucede en productos compuestos de muchas partículas discretas. Adicionalmente, los recubrimientos representan una alternativa a los materiales comerciales de empaque que se emplean en los productos alimentarios, pues desde el punto de vista de protección del ambiente, se conciben como menos costosos que los plásticos por lo que su uso con este propósito reduciría significativamente la basura del envasado asociada con los alimentos frescos y procesados. (14)

1.10.4. COMPONENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los principales componentes de los recubrimientos comestibles son polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas. Las formulaciones pueden incluir, además, plastificantes y emulsificantes de distinta naturaleza química que mejoran las propiedades de los recubrimientos.

Los materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles deben estar autorizados por la legislación vigente. En la Unión Europea estos materiales se regulan por la directiva 95/2/CE de 20 de Febrero de 1995 relativa a aditivos alimentarios distintos de los edulcorantes. La última revisión legislativa es la Directiva 06/52/CE de 5 de Julio de 2006. La Tabla I.1 muestra algunos ejemplos de aditivos alimentarios utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles.

Tabla No. 3: Ejemplos de aditivos alimentarios utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles

Nº E	Denominación	Nº E	Denominación
E 901	Cera de abejas	E 904	Goma laca
E 902	Cera candelilla	E 410	Goma de garroñ
E 903	Cera carnauba	E 412	Goma guar
E 473	Sucroésteres de ácidos grasos	E 415	Goma xantana
E 474	Sucroglicéridos	E 407	Carragenatos
E 570	Ácidos grasos	E 422	Glicerina
E 461	Metilcelulosa	E 421	Manitol
E 463	Hidroxipropilcelulosa	E 1520	Propilenglicol
E 464	Hidroxipropilmetilcelulosa		
E 466	Carboximetilcelulosa		

Fuente: Directiva 95/2/CE.

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas (puentes de hidrogeno, fuerzas de Van der Walls, London, Debye, de cristalización o de valencia primaria). Su cohesión molecular les confiere buenas propiedades mecánicas, pudiendo ejercer de matriz estructural del recubrimiento, y buenas propiedades barrera a gases (O_2 y CO_2). Sin embargo, la polaridad de estos polímeros hace que sean afines al agua y que esta se integre fácilmente en su estructura estableciendo puentes de hidrogeno con las moléculas de polímero, reemplazando las uniones entre las moléculas del propio polímero. De esta manera, el polímero pierde cohesión y aumenta la permeabilidad tanto al agua como a los gases. (22)

A pesar de la alta permeabilidad al agua de los recubrimientos formados por polisacáridos, ciertos polisacáridos, como pectinas, alginatos y carragenatos, forman geles de alta humedad que actúan como agentes sacrificantes de agua evitando la deshidratación del producto que recubren. Los derivados de celulosa, las fracciones del almidón y sus derivados, el quitosano, las gomas de garrofin, guar y santana, el pululano, levano y el sinano son algunos de los polisacáridos utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles.

Las proteínas añaden valor nutricional a los alimentos que envuelven pero, por motivos culturales o de salud, pueden ser socialmente rechazadas. Así, las proteínas animales pueden ser rechazadas por personas vegetarianas o por personas a las que su religión se lo prohíba. Otras proteínas pueden causar intolerancias, como la intolerancia al gluten (enfermedad celiaca), a la lactosa de la leche y a las proteínas de la leche de vaca. Algunas proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles son la zeína de maíz, la proteína de soja, el gluten de trigo, la gelatina, la proteína de cacahuete, la queratina, el colágeno, la proteína del suero de leche y la caseína. (22)

Los lípidos y las resinas, por su naturaleza hidrofóbica, ejercen una buena barrera al vapor de agua. Sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos. Las resinas aportan brillo al recubrimiento, son más permeables al vapor de agua que los lípidos y ejercen una importante barrera a la difusión de gases, por lo que pueden inducir la anaerobiosis del fruto recubierto.

Los lípidos más utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles son ceras naturales (cera de abeja, candelilla y carnauba), ácidos grasos, monogliceridosacetilados y diversos aceites vegetales (de cacahuete, maíz y soja). La resina más utilizada es la goma laca.

Debido a la distinta naturaleza de estos componentes es difícil obtener, a partir de un único material, un recubrimiento que posea al mismo tiempo buenas propiedades mecánicas y barrera. La combinación de distintos componentes permite aprovechar las ventajas de los mismos y obtener recubrimientos con buenas propiedades funcionales. Estos recubrimientos compuestos se formulan generalmente a partir de hidrocoloides (polisacáridos y proteínas), que constituyen la matriz estructural y la barrera a gases, y lípidos que aportan la resistencia al vapor de agua.

En los recubrimientos comestibles compuestos, el lípido puede estar emulsionado en la matriz de hidrocoloide formando lo que se denominan ‘recubrimientos emulsionados’, o separado de la matriz de hidrocoloide formando una doble capa, en cuyo caso hablamos de ‘recubrimientos bicapa’. Estas ‘películas bicapa’ se pueden obtener mediante dos pasos: (1) formación de la película de hidrocoloide y (2) formación de la película de lípido, o mediante un paso, por separación de fases tras la preparación una emulsión. Las propiedades de los ‘recubrimientos emulsionados’ se pueden mejorar añadiendo agentes emulsificantes a las formulaciones. Los emulsificantes favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y mejoran la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento y formar una capa continua en la superficie del mismo. Además, las formulaciones pueden incluir agentes plastificantes que aportan flexibilidad al recubrimiento mejorando su integridad física. (22)

La incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos quebradizos. La rigidez de los recubrimientos se debe a las fuerzas de cohesión que estabilizan la matriz polimérica de polisacárido o proteína. Los plastificantes debilitan estas fuerzas de cohesión entre las cadenas de polímero,

incrementando la movilidad de las mismas y mejorando la flexibilidad de la matriz polimérica. Sin embargo, la reducción de la cohesión del polímero se traduce en un incremento de la permeabilidad a los gases y al vapor de agua del recubrimiento). Algunos de los plastificantes utilizados en la formulación de recubrimientos son polioles, como glicerol, polietilenglicol, propilenglicol, sorbitol, sacarosa y glucosa, que tienen naturaleza hidrofílica y reducen significativamente la barrera al vapor de agua del recubrimiento. Para preservar la barrera al vapor de agua de los recubrimientos se pueden utilizar otros plastificantes de naturaleza hidrofóbica, como los ácidos grasos y sus derivados, y los aceites que, sin embargo, aumentan la permeabilidad al oxígeno del recubrimiento. Por tanto, en función de las características requeridas del recubrimiento se pueden utilizar un tipo u otro de plastificante, o una combinación de ambos. (1)

Los emulsificantes, tensoactivos o surfactantes son sustancias anfífilas con actividad superficial. Reducen la tensión interfacial sólido-líquido aumentando la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento en la etapa de aplicación del mismo. También reducen la tensión interfacial agua-lípido, favoreciendo la dispersión de los lípidos en agua y, por tanto, la formación de recubrimientos emulsionados. Por su carácter antipático, estabilizan las emulsiones y reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas de los polímeros, actuando, en cierto modo, como plastificantes de los mismos. Algunos de los emulsificantes usados en la formulación de recubrimientos comestibles son: ácidos grasos, monoacilglicerol, lecitina y sus derivados, etilenglicol, monoestearato, glicerol monoestearato, ésteres de ácidos grasos y sorbitan o polioxeno (Tweens) y ésteres de sacarosa y ácidos grasos. (13)

Las proteínas y polisacáridos, empleados como componentes principales en la formulación de recubrimientos emulsionados, también poseen una actividad estabilizante de las emulsiones, por lo que en algunos casos no es necesario la incorporación de otros agentes emulsificantes o tensoactivos. Tanto las proteínas como los polisacáridos se sitúan en la interfaz lípido-agua y establecen fuerzas de repulsión que evitan la coalescencia de las partículas de lípido, siendo estas de naturaleza electrostática en el caso de proteínas y

estérica en el caso de polisacáridos. Asimismo, Sharma (1981) atribuye el efecto estabilizador de ambos polímeros al incremento que producen en la viscosidad de la fase continua (fase acuosa). Este incremento supone una disminución de la movilidad de las partículas de lípido y, por tanto, de la velocidad de coalescencia. (22)

1.10.5. FACTORES QUE AFECTAN A LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS PELÍCULAS COMESTIBLES COMPUESTAS

Las propiedades de las películas aisladas dependen de las características de sus ingredientes, del espesor de las mismas y de las condiciones de secado y almacenamiento.

1.10.5.1. EFECTO DEL LÍPIDO

Muchos autores han observado que las características químicas de los lípidos determinan las propiedades barrera de las películas compuestas, en especial la permeabilidad al vapor de agua. La polaridad, longitud de la cadena hidrocarbonada, el estado físico, el grado de saturación y el polimorfismo son algunas características de los lípidos que afectan la permeabilidad al vapor de agua de las películas. Asimismo, la distribución del lípido en las películas formando ‘películas bicapa’ o ‘películas emulsionadas’, modifica las propiedades de las mismas. El contenido en lípido, el tamaño de la partícula, la estabilidad de la emulsión y las propiedades mecánicas de los lípidos son algunos de los factores que determinan la funcionalidad de las películas emulsionadas. La resistencia al vapor de agua del lípido es inversamente proporcional a su polaridad. Los grupos polares atraen a las moléculas de agua reduciendo la efectividad de los lípidos como barrera al vapor de agua. Por el contrario, los grupos no polares confieren hidrofobicidad a la molécula y reducen la permeabilidad al vapor de agua de la película resultante. De esta manera se ha observado que al aumentar la longitud de la cadena hidrocarbonada de los lípidos se mejora la barrera al vapor de agua. (22)

Otro factor que afecta a las propiedades barrera de los lípidos es su estado físico. Los lípidos en estado sólido proporcionan mayor resistencia a la difusión del vapor de agua que en

estado líquido. Esto se puede explicar en términos de solubilidad relativa del vapor de agua en la fase líquida o sólida y también se puede relacionar con la organización molecular de los lípidos. Los lípidos en estado sólido presentan una estructura cristalina muy compacta o de alta densidad que dificulta la difusión del agua haciéndolos más impermeables. El estado físico depende asimismo de la temperatura y del grado de saturación del lípido. Las insaturaciones reducen la capacidad del lípido para formar estructuras ordenadas reduciendo por tanto su punto de fusión y su resistencia al vapor de agua. Los ácidos grasos de alto punto de fusión, los monoglicéridos, las grasas hidrogenadas y las ceras son buenas barreras al vapor de agua, mientras que los aceites poli insaturados presentan peores propiedades barrera. (15)

La forma de los cristales de lípido afecta su permeabilidad al vapor de agua y gases, y esta varía con el tipo de lípido e incluso con las condiciones de cristalización, pudiendo darse distintas conformaciones en un mismo lípido (polimorfismo). Algunos autores han observado que los cristales ortorrómbicos presentes en cera de abeja y cera parafina proporcionan mejor barrera que los cristales hexagonales presentes en triestearina y monoglicéridos acetilados lo que se atribuye a una mejor compactación de los mismos, formando asociaciones densas sin apenas espacio para la difusión de las moléculas de vapor de agua y gases. (22)

Además de la forma de los cristales del lípido, la orientación de los mismos respecto a la dirección del flujo de permeato juega un papel decisivo en las propiedades barrera del lípido. Así, las ceras, que se organizan perpendicularmente al flujo de vapor de agua ejercen mayor barrera al vapor de agua que los alcanos que se organizan de forma paralela al flujo de vapor de agua.

La distribución del lípido en la estructura final de la película formando ‘películas bicapa’ o ‘películas emulsionadas’ determina las propiedades barrera de las mismas, modelizo el transporte al vapor de agua en ambos tipos de películas, proponiendo un modelo de resistencia en serie para las ‘películas bicapa’, donde la resistencia de la capa de

hidrocoloide es muy baja comparada con la capa de lípido, y un modelo de resistencia en paralelo para 'películas emulsionadas', en el cual la transferencia de vapor de agua se da principalmente a través de la capa de hidrocoloide. Desde el punto de vista de la transferencia de masa, las 'películas bicapa' son más eficaces como barrera al vapor de agua que las 'películas emulsionadas'.

En 'películas emulsionadas' el contenido en lípido de las formulaciones, el tamaño de la partícula de lípido y su distribución en la matriz hidrofílica determina la permeabilidad al vapor de agua de las películas. A pesar de que existe una reducción de la permeabilidad al aumentar el contenido de lípido, algunos estudios muestran que hay un contenido crítico a partir del cual las propiedades barrera de la película no mejoran e incluso pueden empeorar, observaron que para películas formuladas con ácido esteárico, metil celulosa y polietilenglicol, la mínima permeabilidad al vapor de agua se conseguía para un contenido en ácido esteárico de 14 % en base seca (b.s.), aumentando por encima de este contenido en lípido, determinaron un contenido crítico de lípido del 30 % (b.s.) en películas de metil celulosa y ácidos grasos, observaron que un aumento del contenido en cera de abeja a partir del 50% (b.s.), no mejoraba la barrera al vapor de agua de películas a base de proteína de suero de leche observaron un aumento de la permeabilidad al vapor de agua en películas de caseína a partir de un contenido en cera de abeja del 25 % (b.s.) y lo atribuyeron a una mala dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide a partir del umbral crítico. (22)

En cuanto al tamaño y distribución de la partícula de lípido cabe decir que, en general, la barrera al vapor de agua se incrementa con una distribución homogénea del lípido en la matriz de hidrocoloide y una reducción del tamaño de la partícula de lípido. La presencia de un gran número de partículas de lípido uniformemente dispersas en el sistema dificulta la transferencia de vapor de agua dado que su difusión tiene lugar, principalmente, a través de la fase hidrofílica sorteando las partículas de lípido. En el caso de películas compuestas a base de proteína de suero de leche, la reducción del tamaño de la partícula de lípido puede, además, fomentar la inmovilización de las proteínas entre las moléculas de lípido, mejorando la organización, interconexión y compactación de la estructura, lo que también se traduce en una mayor barrera al vapor de agua. (18)

El tamaño de la partícula de lípido varía con la técnica de preparación de las emulsiones, la presencia de estabilizantes, y con el tipo y contenido de lípido de las formulaciones. La obtención de microemulsiones, con un tamaño de partícula de lípido que varía de 0.01 μm a 0.2 μm se puede conseguir por distintos mecanismos fisicoquímicos: (1) por ionización de los lípidos y las resinas en medio básico, lo que da lugar a microemulsiones iónicas y (2) por reducción de la tensión interfacial de las fases acuosa y de resinas o lípidos mediante la incorporación de surfactantes, lo que da lugar a microemulsiones no iónicas. Las microemulsiones presentan excelentes propiedades barrera, siendo translúcidas y termodinámicamente estables. Sin embargo, en el caso de las microemulsiones iónicas su formulación requiere el uso de coadyuvantes, como el amoníaco, cuya manipulación presenta cierto riesgo para la salud u otros coadyuvantes, como hidróxido sódico o potásico, que dejan residuos en la película resultante. Las microemulsiones no iónicas no presentan esta problemática, pero son difíciles de obtener, y, además, aplicadas como recubrimiento de frutas, presentan una baja barrera a la humedad. Mediante agitación física se obtienen macroemulsiones en las que las partículas de lípido tienen un tamaño variable de 0.2 μm a 0.5 μm . Las macroemulsiones son fáciles de preparar, sin embargo, son termodinámicamente inestables, por lo que requieren la adición de emulsificantes en la formulación, y presentan un aspecto turbio, formando películas con menor brillo que las microemulsiones. (22)

El tipo y contenido en lípido de las formulaciones también afecta al tamaño de partícula del lípido de las películas. Sherwin et al. (1998) observaron que al aumentar la longitud de la cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos de 14 a 22 aumentaba el tamaño de la partícula de lípido en películas formuladas con proteína de suero de leche y ácidos grasos. Han et al. (2006) observaron que al reducir el contenido en cera de abeja en películas a base de almidón, mejoraba la distribución del lípido y fomentaba la formación de partículas de lípido con forma esférica. (22)

La interacción lípido-hidrocoloide y su efecto en las propiedades de las películas se describe en algunos trabajos. Koelsch y Labuza (1992) observaron que al mejorar la cohesión de las partículas de lípido en la matriz polimérica mejoraba notablemente la barrera al vapor de

agua. La interacción entre ambos componentes afecta la estabilidad de las emulsiones y, por tanto, a las propiedades barrera de las películas emulsionadas. La afinidad del polímero y del lípido depende de factores como la estructura y polaridad de ambos, su proporción relativa y las condiciones del medio (pH, viscosidad y temperatura Martin Polo 1992) observaron que la afinidad entre la fase continua y la dispersa aumentaba con la diferencia de polaridad entre las fases mejorando la homogeneidad de la película emulsionada y la barrera al vapor de agua. Así por ejemplo, Wong observaron que la compatibilidad estructural del quitosano y el acidolaurico proporcionaba películas con buenas propiedades barrera, mientras que otros ácidos grasos resultaban incompatibles con este polímero y empeoraban las propiedades de la película resultante. (23)

No solo la naturaleza química del lípido tiene un efecto en la permeabilidad al vapor de agua. Shellhamer y Krochta (1997) observaron que las propiedades viscoelásticas de los lípidos afectan a la permeabilidad de las películas emulsionadas. Algunos lípidos, como la cera candelilla y carnauba, que aislados muestran una barrera efectiva al vapor de agua, pierden efectividad cuando se incorporan a ‘películas emulsionadas’. Sin embargo, otros lípidos, como la cera de abeja y la fracción grasa de la leche, que aislados son menos efectivos reduciendo la permeabilidad al vapor de agua, producen películas emulsionadas con mejor barrera a la humedad. Los lípidos viscoelásticos como la cera de abeja o la fracción grasa de la leche, se pueden deformar durante la etapa de secado de la película, en la cual se da una retracción de la misma, produciendo películas homogéneas libres de microfracturas que ofrecen mayor resistencia a la difusión de agua. (22)

En ‘películas emulsionadas’ las moléculas de lípido dispersas en la matriz de hidrocoloide interrumpen la continuidad de la misma modificando las propiedades mecánicas de la película. En general, las discontinuidades que produce el lípido en la matriz de hidrocoloide son puntos de fractura que reducen la resistencia de la película a la tracción. Sin embargo, el efecto de los lípidos en el resto de propiedades mecánicas de las películas (elongación y tenacidad) varía con el tipo de lípido y proporción, y con el tipo de hidrocoloide con el que se combine. Algunos lípidos, como la cera de abeja, de carácter viscoelástico, forman películas de mayor flexibilidad y extensibilidad que otros lípidos, como la cera carnauba,

que presentan mayor rigidez. Otros lípidos, como los ácidos grasos y sus derivados y los aceites, aumentan la flexibilidad de las películas y pueden ser incorporados a las formulaciones como agentes plastificantes hidrofóbicos. Las propiedades mecánicas de los lípidos dependen de características como la longitud de su cadena. Así por ejemplo, Jongjareonrak et al. (2006) observaron que un aumento en la longitud de la cadena de los lípidos aumentaba la resistencia mecánica a la tracción de películas de gelatina de pescado y ácidos grasos o sucroesteres. También hay trabajos en la bibliografía que muestran que el efecto del lípido en las propiedades mecánicas de las películas varía con el tipo de hidrocoloide con que se combine. De esta manera, Talens y Krochta (2005) observaron que la cera de abeja facilitaba la deformación de películas de proteína de suero de leche, mientras que Han et al. (2006) observaron un efecto contrario en películas de almidón. En cuanto al contenido en lípido, cabe señalar que un aumento del mismo empeora las propiedades mecánicas de las películas y que su exceso da lugar a películas frágiles. Gontard et al. (1994) observaron un aumento de la fragilidad en películas a base de gluten y lípido a partir de un 40% (b.s.) de lípido. (22)

1.10.5.2. EFECTO DEL HIDROCOLOIDE

Los hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) presentan una buena barrera a los gases y forman la matriz estructural de las películas compuestas. Son, por tanto, los componentes principales de la barrera al CO₂ y O₂ y de las propiedades mecánicas de las películas compuestas.

Las propiedades de las películas de hidrocoloide dependen del grado de interacción de sus moléculas. Así, un alto grado de interacción de las moléculas de hidrocoloide reduce la movilidad de las mismas y el volumen libre para la difusión de materia, lo que confiere rigidez a la película resultante y reduce su permeabilidad. La forma y peso molecular del hidrocoloide, la presencia de grupos polares en su molécula, la presencia de agentes de entrecruzamiento, la temperatura y, especialmente, los plastificantes afectan al grado de interacción de las moléculas de hidrocoloide y, por tanto, a las propiedades de la película. (22)

Los hidrocoloides de molécula linear pueden formar estructuras ordenadas y compactas en las que las moléculas están muy próximas entre si y dejan poco volumen libre para la difusión de gases y vapor de agua. Por el contrario, la presencia de anillos en la molécula de hidrocoloide reduce su grado de interacción intermolecular y su capacidad para formar estructuras ordenadas. La presencia de grupos polares permite la asociación de cadenas mediante puentes de hidrogeno pero aumenta la afinidad por el agua, lo que hace a los hidrocoloides malas barreras al vapor de agua. Las proteínas por su carácter iónico y linealidad molecular presentan mayor interacción molecular que los polisacáridos, lo que, en general, les confiere una mayor barrera al oxígeno.

Algunos trabajos muestran el efecto del peso molecular del hidrocoloide en las propiedades de las películas. En general, al reducir el peso molecular del hidrocoloide disminuye la interacción entre sus moléculas y el polímero pierde densidad aumentando el volumen libre, lo que se traduce en un aumento de la flexibilidad de la película resultante. Aunque, la permeabilidad de las películas también se ve afectada por el peso molecular del hidrocoloide, no se puede hablar de un efecto generalizado del mismo, puesto que la bibliografía disponible muestra resultados contradictorios. Así por ejemplo, Ayranci (1997) observo un aumento en la barrera al vapor de agua de películas de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y metilcelulosa (MC) al aumentar el peso molecular de los mismos. Mientras que (1993) observo una reducción en la barrera al vapor de agua y al O₂ al aumentar el peso molecular de MC e hidroxipropilcelulosa (HPC). (22)

La incorporación de compuestos que ayuden a formar puentes de unión entre las moléculas de polímero, reduce la movilidad de las mismas e incrementa la cohesión del polímero. Estos compuestos o agentes de entrecruzamiento, se añaden a las formulaciones para reducir la permeabilidad y solubilidad de las películas e incrementar su resistencia mecánica a la tracción.

La temperatura determina el estado físico del polímero lo cual afecta a la densidad molecular del mismo y, por tanto, a sus propiedades mecánicas y funcionales. Los hidrocoloides forman

sólidos amorfos que, dependiendo de la temperatura, presentan un estado vítreo o gomoso. En estado vítreo las moléculas muestran un grado de movilidad similar al de los sólidos cristalinos, mientras que en estado gomoso la movilidad molecular aumenta drásticamente y el hidrocoloide adquiere fluidez, aumentando la permeabilidad y flexibilidad. La temperatura a la cual se da el cambio de fase de vítreo a gomoso se conoce como ‘temperatura de transición vítrea’ (T_g). (22)

1.10.5.3. EFECTO DEL PLASTIFICANTE

Los plastificantes, entre los que se incluye el agua, son los principales componentes que afectan a las propiedades barrera y mecánicas de los hidrocoloides. Los plastificantes interfieren en las uniones entre las cadenas de polímero reduciendo así su cohesión. Estos aumentan la movilidad entre las cadenas de polímero y, por tanto la flexibilidad y elasticidad del mismo, y aumentan el volumen libre, aumentando la permeabilidad y disminuyendo la temperatura de transición vítrea. Las moléculas de plastificante no enlazadas al polímero ejercen asimismo una función lubricante entre cadenas que mejora la flexibilidad del polímero. (22)

La habilidad del plastificante para romper los enlaces entre las cadenas de polímero y para atraer agua al sistema plastificante-hidrocoloide depende de la naturaleza química, tamaño, forma, polaridad, longitud de cadena, estado físico y número de grupos funcionales del plastificante capaces de interaccionar con el polímero. En general, los mejores plastificantes, en términos de mejorar las propiedades mecánicas son aquellos de pequeño volumen y con muchos grupos polares distanciados entre sí en su molécula. Los plastificantes de molécula lineal difunden con mayor facilidad en la matriz polimérica que los que presentan anillos en su molécula. Los plastificantes de similar estructura pueden diferir en cuanto a peso molecular, siendo los de menor peso los que presentan mejor difusividad en la matriz polimérica, pero a su vez son los que presentan menor permanencia en la matriz de hidrocoloide separándose de esta fácilmente.

La afinidad del plastificante por el agua determina su capacidad para atraer agua al sistema, la cual, a su vez, contribuye a la plastificación del mismo y afecta la permeabilidad de las

películas. Así, la mayor higroscopicidad del plastificante potencia la capacidad del plastificante para mejorar las propiedades mecánicas de las películas, pero reduce la barrera al vapor de agua y a los gases (CO_2 y O_2). El estado físico de los plastificantes también modifica su efectividad, observaron que el glicerol, polietilenglicol y propilenglicol, gracias a su estado líquido, plastifican mejor las películas proteicas de β -Lactoglobulina que otros plastificantes, como a sacarosa, que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido.

(22)

La naturaleza hidrofílica o hidrofóbica del plastificante determina su efecto en las propiedades barrera de la película. Así, los plastificantes hidrofílicos aumentan de manera más acusada la permeabilidad al vapor de agua de la película que la permeabilidad a los gases; mientras que con los plastificantes hidrofóbicos sucede lo contrario. La mayor compatibilidad de los plastificantes hidrofílicos con la matriz de hidrocoloide mejora su eficacia como plastificante frente a los hidrofóbicos. Por este motivo la tendencia es combinar los dos tipos para lograr las ventajas de ambos y minimizar las desventajas. (3)

El contenido y tipo de plastificante de la formulación afecta tanto a las propiedades barrera como a las propiedades mecánicas de la película. En general, el aumento del contenido en plastificante aumenta el efecto del mismo en las propiedades mecánicas y barrera al vapor de agua y al O_2 , aumentando la flexibilidad y elongación y la permeabilidad de la película. Sin embargo, en determinadas condiciones ciertos plastificantes pueden producir efectos contrarios a los deseados. Se habla de antiplastificación para referirse al aumento de la fragilidad y de la barrera al vapor de agua de la película por adición de un plastificante. La antiplastificación se atribuye a diversos mecanismos como la reducción del volumen libre entre cadenas de polímero, la interacción polímero-plastificante y la presencia de moléculas de plastificante anejas a los grupos polares del polímero. Un bajo contenido de plastificante puede inducir asimismo la cristalización del polímero al reducir la energía de transición de fase promoviendo la formación de estructuras ordenadas en la región amorfa del polímero.

(22)

1.10.5.4. EFECTO DEL ESPESOR

Las propiedades barrera de las películas varían con el espesor de las mismas, ya que el espesor determina la distancia que el permeato (vapor de agua y gases) debe recorrer para difundir de un lado a otro de la película.

El espesor de las películas formadas en la superficie de los frutos o recubrimientos, varía con el contenido en sólidos de las formulaciones, la densidad, viscosidad, tensión superficial y velocidad de secado. (22)

1.11. YUCA

Yuca es el nombre de un arbusto, de la familia de las Euforbiáceas, que tiene unas raíces en forma de tubérculo. Esos tubérculos se consumen cocinados, y son la base alimentaria de más de 500 millones de personas en continentes como América, Asia y África. Tiene una forma alargada, su piel es pardusca, de aspecto leñoso, y su pulpa blanca. Aunque hay miles de variedades, las más consumidas son la manihot utilísima o mandioca dulce, y la manihotesculenta, de la cual se obtiene la tapioca. En cuanto a sus características botánicas, la yuca es un arbusto perenne, que alcanza los dos metros de altura. Está adaptada a condiciones subtropicales, por lo que no resiste las heladas. Requiere altos niveles de humedad (aunque no anegamiento) y de sol para crecer. Se reproduce mejor por esquejes que por semilla, sobre todo en las variedades actualmente cultivadas. El crecimiento es lento en los primeros meses, por lo que el control de hierbas es esencial para un correcto desarrollo. En su uso normal, la planta entera se desarraiga al año de edad para extraer las raíces comestibles; si alcanza mayor edad, la raíz se endurece hasta ser incomedible. De las plantas desarraigadas se extraen los recortes para la replantación. La raíz de la yuca es cilíndrica y oblonga, y alcanza el metro de largo y los 10 centímetros de diámetro. La cascara es dura y leñosa, e incomedible. La pulpa es firme, e incluso dura antes de la cocción, surcada por fibras longitudinales más rígidas. Es muy rica en hidratos de carbono y azúcares, y se oxida rápidamente una vez desprovista de la corteza. Según la variedad, puede ser blanca o amarillenta. (48)

Es un alimento ideal para los países en desarrollo. Algunos gobiernos africanos (como

Ghana) han conseguido, al fomentar su cultivo, alimentar a millones de personas y reducir su dependencia de granos (importa dos, como el trigo o el arroz). El consiguiente ahorro de divisas también puede colaborar en el crecimiento económico de ese país. Además, esta planta tiene otras cualidades que son muy beneficiosas: soporta bien terrenos poco fértiles, con poca agua, y requiere escasos plaguicidas, con el consiguiente ahorro económico para los agricultores. También suele crecer, incluso, en terrenos no aptos para otros alimentos. Otra ventaja muy interesante es que puede cosecharse cuando se desee entre los 8 y los 24 meses tras su plantado. Eso puede ayudar a tenerla como alimento de reserva. Además, es un buen forraje para los animales. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Este organismo está animando a muchos de los países de escasos recursos a que cultiven la yuca, e inviertan en la mejora de sus procesos de producción, transformación y comercialización (48)

1.11.1. PROPIEDADES DE LA YUCA

La yuca es muy rica en hidratos de carbono en forma de almidón (25,3 gramos/100 gramos), por lo que el aporte calórico es considerable. Entre su modesto aporte en nutrientes, destaca la presencia de vitamina C, B2, B6, magnesio y potasio. De la raíz pulverizada se obtiene una harina con la que se preparan unas tortillas delgadas conocidas como pan de mandioca. (40)

En Brasil, uno de los mayores países productores, esta harina elaborada de yuca se conoce como farinha di mandioca, y en los países de África Occidental se llama gari. Además de las raíces, las hojas de la planta se emplean para envolver los alimentos que se van a asar o cocer al vapor. Estas hojas, incluso se pueden consumir del mismo modo que otras verduras de hoja, pues son abundantes en provitamina A. La yuca es un alimento muy digestivo y nos aporta, de forma moderada, vitaminas del grupo B, Potasio, Magnesio, Calcio, Hierro y vitamina C. Un detalle muy interesante es que al no contener gluten es un alimento apto para los celíacos (40).

1.11.2. TOXICIDAD

La intoxicación puede producirse porque toda la planta contiene glucósidos tóxicos, principalmente linamarina, que una vez ingeridos son atacadas por la enzima linamarasa la cual origina unas transformaciones químicas que finalizan con la producción de cianuro y acetona. (13)

Una porción de cianuro se volatiliza, la acetona es eliminada por el organismo y el resto de cianuro (ácido cianhídrico - (HCN) -) se incorpora a la corriente sanguínea y se acumula en los tejidos. (45)

La ingestión de mandioca de una manera regular y no adecuadamente detoxificada puede producir desde síntomas leves de intoxicación hasta enfermedades mucho más graves. Para evitar la intoxicación alimentaria de la yuca o mandioca, este alimento debería estar convenientemente procesado. (45)

1.11.3. ALMIDON

Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido, el resultado de unir moléculas de glucosa formando largas cadenas, aunque pueden aparecer otros constituyentes en cantidades mínimas. El almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía del sol y se almacena en forma de glucosa y uniones entre estas moléculas para formar las largas cadenas del almidón, que pueden llegar a tener hasta 2000 o 3000 unidades de glucosa. (24)

El almidón está realmente formado por una mezcla de dos sustancias, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura: la forma en la que se unen las unidades de glucosa entre sí para formar las cadenas. Pero esto es determinante para sus propiedades. Así, la amilosa es soluble en agua y más fácilmente hidrolizable que la amilopectina (es más fácil romper su cadena para liberar las moléculas de glucosa).

En realidad, la estructura del almidón es muy parecida a la de la celulosa, otro polisacárido que producen las plantas. Pero mientras el almidón es parte del alimento de muchos animales

y se descompone fácilmente por acción de las enzimas digestivas, la celulosa es parte del tejido de sostén de las plantas y muy difícil de digerir, algo que la mayoría de los animales aprenden rápidamente. En los animales, el equivalente al almidón, como sustancia de reserva energética, es otra sustancia de estructura parecida que recibe el nombre de glucógeno. El almidón se puede identificar fácilmente gracias a que la amilosa en presencia de yodo forma un compuesto azul estable a bajas temperaturas. (24)

1.11.3.1. LA UTILIDAD DEL ALMIDÓN

El almidón es importante porque forma parte de nuestra dieta. Se encuentra en las patatas, el arroz, los cereales, las frutas, etc. En una dieta sana, la mayor parte de la energía la conseguimos a partir del almidón y las unidades de glucosa en que se hidroliza.

El almidón también es muy utilizado en la industria alimentaria como aditivo para algunos alimentos. Uno más de los muchos utilizados. Tiene múltiples funciones entre las que cabe destacar: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante, aglutinante, etc. El problema surge porque muchas veces no se nos informa de su uso. Así, por ejemplo, se utiliza en la fabricación de embutidos y fiambres de baja calidad para dar consistencia al producto. (24)

Antiguamente, el almidón se utilizaba para "almidonar" la ropa. Cuando se lavaba la ropa se le daba un baño en una disolución de almidón para conseguir que después del planchado quedara tersa o con apresto y evitar que se arrugara, por ejemplo sábanas y camisas. También se utilizaba en mayor concentración, incluso para conseguir que la ropa quedara tiesa, como por ejemplo, los "can-can" que llevaban las mujeres debajo de las faldas para dar volumen.

Hoy en día el almidón tiene otras muchas aplicaciones. Por ejemplo, es un excelente agente antiadherente en múltiples usos. Pero también puede utilizarse para todo lo contrario: como adhesivo. Una utilización muy interesante del almidón es la preparación de embalajes de espuma, una alternativa biodegradable a los envases de poliestireno. (24)

1.12. SACAROSA

La sacarosa está constituida por la unión de una molécula de glucosa y otra de fructosa, realizada entre dos carbonos anoméricos. La sacarosa es el azúcar de mesa, lo que basta para dar idea de su importancia industrial. La sacarosa se extrae a gran escala de la caña de azúcar y especialmente de la remolacha (al menos en España). Como se ve en la figura, los monómeros son la forma α de la glucosa y la β de la fructosa. (43)

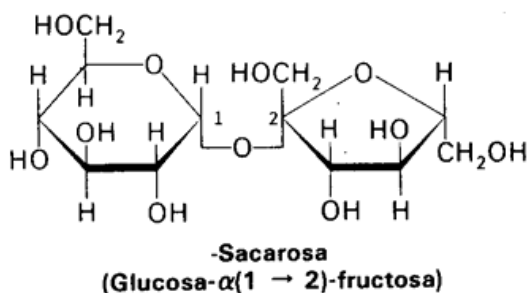


Figura No. 2: Formula de la sacarosa

1.12.1. PROPIEDADES FÍSICAS

- **Sabor dulce:** La sacarosa es el edulcorante estándar. La capacidad de otros edulcorantes se mide tomando la de la sacarosa como valor 1
- **Transparente** cuando forma cristales. En masas de pequeños cristales o en polvo toma color blanco
- **Es dextrógira:** En disolución gira el ángulo de la luz polarizada $66,5^\circ$ hacia la derecha (dextrógira)
- **Cristaliza con facilidad:** cristaliza fácilmente debido a que, a diferencia de otros azúcares no presenta mutarrotación.
- **Soluble en agua:** la solubilidad de la sacarosa es bastante alta. Puede permanecer disuelta a concentraciones superiores a su solubilidad en un estado meta estable si no se favorece su cristalización agitando, removiendo o por la presencia de impureza o irregularidades. Al disolverse incrementa la viscosidad y provoca propiedades coligativas, que dependen únicamente de la concentración molal (es decir, de la cantidad de partículas de soluto por cada kilogramo de solvente) y no de la naturaleza o tipo de soluto.

- **Descenso crioscópico:** descenso del punto de congelación debido a que el soluto obstaculiza la formación de cristales sólidos
- **Aumento ebulloscópico:** aumento del punto de ebullición.
- **Presión osmótica:** Es el paso espontáneo de moléculas de disolvente desde una solución más diluida hacia una solución más concentrada, cuando se hallan separadas por una membrana semipermeable
- **Es higroscópica:** su alta afinidad por el agua la hace retener moléculas de esta sustancia e incluso fijar hasta 1% a partir de la humedad ambiental. Desprende esta humedad al calentarla hasta 90°C. (43)

1.12.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

- Se hidroliza a glucosa y fructosa por acción de ácidos o en presencia de enzima invertasa. Cuando esto ocurre cambia el ángulo de giro de la luz polarizada, ya que el efecto combinado de la glucosa (52° a la derecha) y la fructosa (92° a la izquierda) supone un giro de 19,9° a la izquierda.
- Fermenta por acción de bacterias dando alcohol etílico.
- Carameliza: Se descompone por el calor a partir de los 150°C dando una gran variedad de sustancias responsables del color, sabor y olor a caramelo.
- No tiene poder reductor: ya que, a diferencia de otros azúcares, no presenta grupos carbonilo. (43)

1.12.3. LA SACAROSA Y LA TEXTURA DE LOS ALIMENTOS.

Las propiedades físico-químicas de la sacarosa modifican el comportamiento de las mezclas a las que se añade. Entre otros usos, se pueden citar:

- **VISCOSANTE:** Al aumentar la proporción de soluto aumenta la viscosidad de una disolución ya que la interacción de moléculas de soluto retarda el flujo. Permite mantener mejor las burbujas de aire en masas y espumas como el merengue porque la mayor viscosidad retarda el drenaje. Las masas de pasteles retienen mejor el aire gracias al azúcar. Los almíbares son viscosos gracias a la alta proporción de azúcar. Se preparan utilizando el aumento del punto de ebullición determinado por el soluto.

- **RETENCIÓN DE AGUA O ACCIÓN HIGROSCÓPICA:** Su alta afinidad por el agua la hace retener moléculas de esta sustancia e incluso fijar hasta 1% a partir de la humedad ambiental. Al cocer legumbres o en masas para galletas, bloqueando el agua disponible, retarda la desorganización de los granos de almidón e impide su gelatinización. En masas de galletas y de pastelería retiene agua impidiendo su pérdida en el horneado y dificulta la formación de la red de gluten, haciendo el resultado final más húmedo y más tierno. En conservas dulces retiene las moléculas de agua que podrían bloquear la atracción entre las diversas moléculas de pectina de modo que la proporción de agua determina la capacidad de asociación de las moléculas de pectina. Para hacer mermeladas y jaleas bajas de azúcar, con un edulcorante artificial, es preciso usar una pectina especial.
- **CAPACIDAD DE FORMAR CRISTALES:** Cristaliza fácilmente debido a que, a diferencia de otros azúcares no presenta mutarrotación. Existen dulces de textura terrosa basados en un almíbar concentrado en el que se permite la formación de microcristales de azúcar. Se denominan fudges. El tamaño de los cristales de azúcar determina su velocidad de disolución y condiciona la textura en boca en productos como el merengue, las galletas, el chocolate o los helados.
- **DESCENSO DEL PUNTO DE CONGELACIÓN DEL AGUA:** El azúcar hace descender el punto de congelación del agua por debajo de 0°C. En helados y sorbetes, cuando se forman cristales de hielo, retiene parte del agua dando lugar a un sirope muy concentrado y viscoso que permite el flujo de los demás componentes. Este sirope concentrado aguanta temperaturas de -18 °C sin helarse. Cuanto más azúcar más cremoso queda el helado, pero pasando de un 65% el helado llega a quedar demasiado fluido y dulzón.
- **CONSERVANTE:** La conservación en azúcar se debe a su gran capacidad higroscópica: si el alimento que se desea conservar se rodea de moléculas de azúcar muy afines al agua, la extraerán del interior del citoplasma celular impidiendo la proliferación de hongos o bacterias que lo descompongan. Técnicamente se dice que los alimentos se sitúan en un medio fuertemente hipertónico. En la leche condensada hay hasta un 55% de azúcar provocando un medio fuertemente hipertónico que

bloquea el crecimiento de microorganismos descomponedores. En conservas dulces la alta proporción de azúcar provoca un medio fuertemente hipertónico que bloquea el crecimiento de microorganismos descomponedores. Para conservar las frutas escarchadas se deshidratan bañándolas repetidamente en almíbares de concentración creciente. (43)

1.13. GELATINA

La gelatina es un producto que se obtiene del colágeno de los residuos de mataderos, principalmente de pieles, huesos y cartílagos de bovino y porcino. (34)

El colágeno nativo pertenece a las escleroproteínas, cuyo componente básico es una cadena de polipéptidos de cerca de 1050 aminoácidos. Tres de estas s cadenas se conservan juntas en una línea a helicoidal triple en forma de red. Condicionado a esta conectada estructura tridimensional, el colágeno es soluble y a través de hidrólisis parciales más o menos fuertes conducido a una forma soluble como la gelatina o la gelatina hidrolizada. (34)

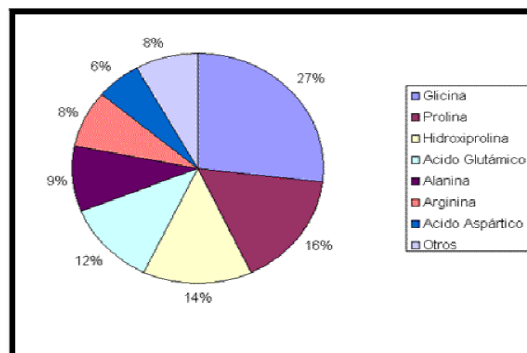


Figura No. 3: Perfil de aminoácidos de la gelatina pura

La gelatina posee diferentes propiedades dadas en función de estado en que se encuentre, así si está seca al ponerla en contacto con un líquido lo absorbe y se hincha. Al calentar el líquido se forma un sol (un sistema coloidal fluido) con el líquido como dispersante. A medida que se enfría el sistema, la viscosidad del fluido aumenta y acaba solidificando formando un gel (sistema coloidal de aspecto sólido). (36)

El estado de gel es reversible al estado de sol si se aumenta la temperatura. Con la gelatina se puede formar una espuma que actúa de emulsionante y estabilizante, es en esta forma que se usa en alimentos preparados como sopas, caramelos, mermeladas, algunos postres. También se usa como estabilizante de emulsiones en helados y en mezclas en que intervienen aceites y agua, en la industria farmacéutica y la cosmética emplean gelatina como excipiente para fármacos. Cabe destacar que una porción de gelatina puede fijar o inmovilizar noventa y nueve porciones de agua con un peso equivalente. (34) (36)

1.13.1. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA GELATINA

La efectividad de la gelatina como agente galante se deriva de su estructura de aminoácidos única. Las moléculas de gelatina contienen grandes proporciones de tres grupos de aminoácidos. Aproximadamente la tercera parte de los residuos de aminoácidos glicina o alanina, casi la cuarta parte corresponde a prolina o hidroxiprolina. La alta proporción de residuos polares confiere a las moléculas de gelatina una gran afinidad por el agua, debido a la alta proporción de residuos de prolina e hidroxiprolina, las moléculas de gelatina no pueden enrollarse en forma helicoidal característica de muchas proteínas. En vez de ello son largas y delgadas, una característica ventajosa para la formación del gel. (9)

A manera porcentual se puede decir que la gelatina contiene:

- 8490% de proteína
- 12% Sales minerales
- El resto es agua. (33)

1.13.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA GELATINA

Debido al comportamiento fisicoquímico de la gelatina determinado por su secuencia aminoácida de la molécula y de la estructura, y por las condiciones del entorno como valor pH, fuerza iónica y la interacción con otras moléculas se observa que con la gelatina se pueden resolver varias áreas problemáticas como:

- Formación de geles termorreversibles de naturaleza elástica

- Ajuste de fluidez en las emulsiones
- Evita coalescencia y la flotación de aceites dispersados y partículas de grasa en diferentes sistemas de emulsiones
- Evita separación de fases en emulsiones conservadas congeladas o esterilizadas
- Evita la recristalización
- Encapsulación del aire en emulsiones y cremas
- Formación de películas y coberturas
- Evita la sinéresis
- Proporciona consistencia y textura a los productos reducidos en calorías
- Eleva la ligación de la grasa en emulsiones de carne y en volován
- Disminuye los daños por cocción del picadillo de las salchichas
- Aumenta la recepción de agua en las emulsiones de carne
- Mejora el aereamiento y el comportamiento de los helados
- Liga los comprimidos y tabletas. (9)

Aquí se puede observar que en el centro de estos efectos están la texturización, la formación de geles, la ligación del agua y los efectos superficiales como emulsiones y formación de espuma. De esto se pueden derivar propiedades funcionales típicas de la gelatina:

- Formación de geles
- Ligación del agua
- Formación de textura
- Espesamiento
- Formación de emulsiones y estabilización
- Formación de espuma y estabilización
- Formación de películas
- Adhesión / Cohesión
- Coloide protector

Sin embargo cabe agregar, que la utilización tecnológica de estas propiedades es solamente óptimamente posible cuando las condiciones necesarias, como la temperatura, contenido de sal y el valor pH son tomados en cuenta. (9)

1.13.3. GELIFICACIÓN DE UN SOL DE GELATINA

A medida que un sol de gelatina se enfría, se hace más viscoso. Sin embargo, en la conversión de sol a gel no solamente se lleva a cabo una reacción de espesamiento. La rigidez aparece más rápidamente después de un enfriamiento preliminar y un período de mantenimiento. Cuando ocurre la Gelificación la dispersión de gelatina coloidal se transforma en un sólido elástico. Se desconoce el mecanismo para la formación de un gel a partir de un sol de gelatina. Sin embargo se han propuesto una serie de sugerencias como la de unión de las moléculas de gelatina por acción de las fuerzas de VanderWalls debido a la naturaleza de las moléculas de gelatina y a la facilidad con que el gel se licua y vuelve a su forma sol con el cambio de temperatura. Se atribuye también a la formación de enlace peptídico en algún momento del proceso de Gelificación. (9)

1.14. COLORANTES

Al igual que la mayoría de los aditivos alimentarios, los colorantes son en general de origen sintético. Sin embargo, en vista de las dosis relativamente altas que se pueden llegar a consumir de estos ubicuos compuestos (están hasta en lo que uno menos supone como cereales, embutidos, golosinas, lácteos, etc., lo que es mayor aun en niños dado su bajo peso), se ha empezado a poner atención en sus efectos sobre la salud. Como resultado de esto, las autoridades sanitarias han ido retirando la autorización de uso de un gran número de compuestos. Por ejemplo, la FDA ha reducido la lista de colorantes sintéticos autorizados de setecientos a siete y hace pocos días la EFSA (Agencia de Seguridad Alimentaria de la Unión Europea) ha recomendado minimizar el agregado de aditivos en general, utilizándolos solamente cuando haya una necesidad real vinculada con la preservación, sabor o estabilidad de los alimentos. En el caso de los colorantes en particular, obligara a las empresas a agregar una advertencia sobre probables problemas de atención en niños en el caso de ingerir 6 de los colorantes sintéticos permitidos en los rótulos de alimentos que los contengan.

Indudablemente, la tendencia creciente es buscar cambiar los colorantes sintéticos por naturales. Los consumidores, perciben a los compuestos naturales como más inocuos o inclusive como saludables. Ciertamente o no, a la hora de reemplazar aditivos cuestionados, la industria prefiere empezar por compuestos naturales, ya que es muy probable que sea más fácil demostrar su seguridad o falta de toxicidad. (31)

1.14.1. BETALAINAS

Químicamente las betalainas son alcaloides derivados de la tirosina que pueden ser de dos tipos: las betacianinas que son de color rojo-violáceo (b) y las betaxantinas (c) anaranjadas amarillentas, ambas con el núcleo fundamental del acidobetalamico (a).

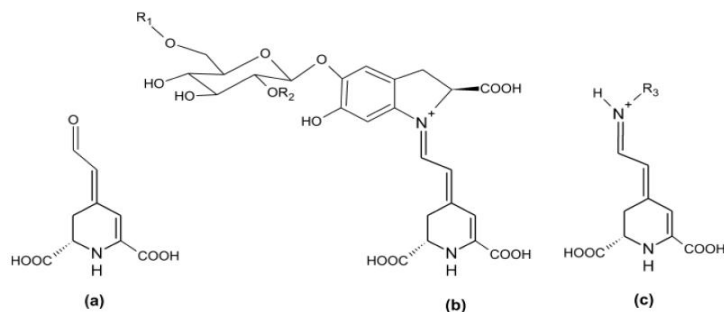


Figura No. 4: Estructuras de las betalainas

El acidobetalamico (a) es el cromóforo común a todos los pigmentos betalainicos; las betacianinas tienen un residuo ciclo-DOPA mientras que las betaxantinas tienen aminoácidos o aminas adicionales en dicha posición. Las betacianinas son glucósidos mayormente de la betanidina. Por ejemplo, el pigmento de la remolacha es el betanidin- 5-O-β –glucósido (betanina). (27)

El uso de betalainas está autorizado por el Codex Alimentarius Commission (2004) y es comercializado en EEUU y la UE con el nombre de “rojo remolacha”. Se consigue como concentrados (producidos por concentración al vacío de jugo de remolacha al 60-65% de sólidos totales) o polvos producidos por liofilización o spray-dry con un 0.3 a 1% de pigmento.

Es un colorante relativamente potente, alcanzándose el color deseado con dosis que no exceden los 50 mg/kg calculado como betanina. (28)

1.14.2. PLANTAS QUE CONTIENEN BETALAÍNAS

Hasta este momento no se han detectado antocianinas y betalainas en una misma planta. Las betalainas se encuentran en raíces, frutos y flores. Las pocas fuentes conocidas comestibles de betalainas son las remolachas (también conocida como betarraga) rojas y amarillas: (*Betavulgaris* L. ssp. *vulgaris*), la acelga suiza (*Beta vulgaris* L. ssp. *Cicla*), el amaranto de hoja o cerealero (*Amaranthus* spp) y frutos de cactus tales como los del género de la *Opuntia* y del *Hylocereus*. La mayor fuente comercial es la remolacha, de donde se saca un pigmento rojo violáceo que contiene mayoritariamente dos pigmentos hidrosolubles: la betanina (roja), vulgaxantina (amarilla). También tienen otras betalainas, la isobetanina, betanidina e isobetanidina además de otra betaxantina: vulgaxantina II. El rendimiento de pigmentos es 0.04–0.21% en el caso de betacianinas y 0.02–0.14% para betaxantinas aunque hay nuevas especies con contenidos mayores (27)

- **Desventajas de la remolacha:** El espectro de colores de las betalainas está restringido a la betanina. Además tiene un sabor particular debido a la presencia de la geosmina y algunas pirazinas que se producen aversión particularmente al agregarla a alimentos tales como los lácteos. (28)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LUGAR DE REALIZACIÓN

La investigación se llevo a cabo en:

- Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH
- Laboratorio de materiales de la empresa LA CERAMICA
- Laboratorio de resistencia de materiales de Mecánica de la ESPOCH

2.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.2.1. MATERIA PRIMA

- Almidón de yuca
- Sacarosa
- Gelatina

2.2.2. EQUIPOS

- Reverbero
- Cocina
- Horno
- Computador
- Cámara fotográfica
- Autoclave
- Balanza analítica

- Desecador
- Termómetro manual
- Cronómetro
- Estufa de aire caliente
- Equipo copa Ford
- Micrómetro Mitutayo
- Maquina universal de ensayos de materiales
- Mordazas
- Anillo dinamométrico

2.2.3. MATERIALES

- Platos de cartón
- Olla de acero inoxidable
- Cacerola
- Papel aluminio
- Cucharas
- Cernidor
- Vasos de precipitación
- Barrilla de agitación
- Probeta de 100 mL
- Probeta de 150 mL
- Probeta de 250 mL
- Balón aforado
- Espátulas
- Papel filtro

2.2.4. REACTIVOS

- Agua destiada

2.2.5. MEDIOS DE CULTIVO

- Agua de peptona 0,1%
- Agar recuento en placa (PlateCount Agar)
- Agar eosina Azul de Metileno (EMB)
- Agar Baird Parker
- Caldo Triptona de Soya (TSB)

2.3. MÉTODOS

2.3.1. FASE EXPERIMENTAL

2.3.1.1. FORMULACIONES

Para la obtención del bioenvase para caramelos que tenga características admisibles en cuanto a textura, aspecto, color y sabor, se realizaron combinaciones con los diferentes componentes (almidón de yuca-sacarosa-gelatina) teniendo como base proporciones investigadas previamente en otros trabajos similares, además se hizo nuevas combinaciones para comprobar las propiedades de los ingredientes.

Cuadro No. 1: Proporción de ingredientes para la elaboración del bioenvase.

FORMULACION	ALMIDON DE YUCA	SACAROSA	GELATINA
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	2
4	1	4	2
5	2	1	2
6	3	0	2

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Los solventes utilizados para disolver los ingredientes de las formulaciones fueron agua destilada y extracto de remolacha. La formulación apropiada de bioenvase se la utilizo para realizar el análisis sensorial, la prueba de aceptabilidad y las pruebas físicas-químicas.

2.3.1.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL BIOENVASE

Para la elaboración de las formulaciones del bioenvase se tomaron proporciones al azar de cada ingrediente (cuadro no.1) luego se realizaron los siguientes procesos:

- Pesar en papel aluminio con ayuda de una balanza analítica las proporciones a utilizar de almidón de yuca, sacarosa y gelatina.
- Disolver en 100 mL de agua destilada o extracto de remolacha a una temperatura de 19°C (T° ambiente) los ingredientes con agitación continua para evitar grumos e imperfecciones, en el siguiente orden: almidón de yuca, sacarosa y gelatina.
- Colocar en baño maría la solución obtenida, mantener una agitación continua por 15 min a una temperatura de 76°C.
- Dejar enfriar hasta una temperatura de 21°C y proceder al moldeado en platos de cartón.
- Luego de 48 horas desmoldar la película y recortarla para proceder a envolver los caramelos.

2.3.1.3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS

2.3.1.3.1. ANÁLISIS SENSORIAL

Este análisis permite establecer la formulación que presenta las mejores características para poder ser considerado como bioenvase. Se realizaron diferentes combinaciones con los tres ingredientes, la variación de cada fórmula se la realizó atendiendo a las propiedades que posee cada uno de ellos en la fabricación de bioenvase, así el almidón de yuca forma una red molecular cohesionada por una alta interacción entre sus moléculas que le confiere buenas propiedades mecánicas ejerciendo la matriz estructural, la sacarosa es el plastificante que mejora la flexibilidad haciéndolos menos quebradizos y la gelatina que es una proteína de no muy buena calidad a mas de ser gelificante y estabilizante. (helen charley)

Dentro de las características físicas que se busca en un bioenvase es que sea flexible, fuerte y de textura lisa (Debeaufort 1998), por tal motivo los parámetros más importantes que se

tomó en cuenta para que sea considerado como aceptable fueron la textura, la flexibilidad y la resistencia.

2.3.1.2.2. ACEPTABILIDAD MEDIANTE PRUEBA DE DEGUSTACIÓN

Para la determinación de la aceptabilidad se realizaron dos pruebas de degustación, una para evaluar los atributos del bioenvase con el test de puntaje compuesto y la otra para determinar la aceptabilidad con el test de escala hedónica. La encuesta (anexo 1) se realizó en la escuela de Chefs Ecuador Gourmet a 30 consumidores entrenados. Se elaboró dos bioenvases con la formulación adecuada, el uno utilizando extracto de remolacha, y el otro con agua.

2.3.1.2.3. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD

Para este análisis se aplicó la norma NTE INEN 2046-1966. Las emulsiones se atemperaron a 20°C y se procedió a medir la viscosidad del bioenvase de mayor aceptabilidad con el Equipo Copa Ford (diámetro 4 mm) de la siguiente manera:

- Realizar tres mediciones de la viscosidad del agua.
- La copa se llena con el líquido a medir y se tapa el orificio con un dedo de la mano.
- Con un cronómetro se mide el tiempo en segundos desde que se quita el dedo hasta el momento preciso en que el hilo del líquido se rompe.
- Luego se sigue el mismo procedimiento para la solución.
- Mediante cálculos sencillos se obtiene la densidad en grados Hengler y aplicando una ecuación matemática se transforma a Centistokes.

2.3.1.2.4. ENSAYO DE TRACCIÓN HASTA ROTURA

Para este análisis se basó en la norma NTE INEN 2637:2012, con algunas modificaciones ya que la película no es del mismo material que se propone en la norma.

El procedimiento que se siguió se lo menciona a continuación:

- La película que fue analizada es aquella que se selecciono mediante la encuesta de aceptabilidad.
- Cortar las probetas con las siguientes dimensiones: anchura de 20 mm y longitud de 152 mm. Prestar la máxima atención en el corte de las probetas para evitar hendiduras y grietas que pueden causar fallas prematuras.
- Medir el espesor de las probetas con un micrómetro digital.
- Establecer la separación inicial de las mordazas que es apropiada para las dimensiones de la probeta.
- Establecer la velocidad de separación de las mordazas para proporcionar una velocidad de deformación inicial de 0.1mm/mm x min.
- Colocar la probeta de ensayo en las mordazas de la máquina de ensayo (maquina universal), teniendo cuidado de alinear el eje longitudinal de la probeta con una línea imaginaria que una los puntos de anclaje de las mordazas a la maquina. Apretar las mordazas uniforme y firmemente en la medida necesaria para minimizar el deslizamiento de la probeta durante el ensayo.
- Con los datos obtenidos del ensayo calcular el esfuerzo máximo producido por la tracción.

$$\sigma = \frac{f}{a}$$

σ : esfuerzo máximo kg/cm²

f : fuerza (carga máxima) en Kg

a : área (sección transversal) en cm²

2.3.1.2.5. PERMEABILIDAD AL AGUA

Para este análisis se baso en la norma NTE INEN 2048:1966, con algunas modificaciones ya que la película no es del mismo material que se propone en la norma.

- La película que fue analizada es aquella que se selecciono mediante la encuesta de aceptabilidad.

- Cortar las probetas en forma de un cuadrado de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, con los bordes lisos.
- La determinación debe efectuarse por triplicado
- Secar en una estufa a $50^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$, durante $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$.
- Enfriar en un desecador y pesar cada una con una aproximación de 1 mg (ml)
- Colocar luego en un recipiente con agua destilada a una temperatura de $23^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$
- Sacar después de $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ y quitar el agua de la superficie con un paño seco y limpio o con papel filtro.
- Pesar de nuevo las probetas después de 1 min de sacarlas del agua.

La absorción de agua para cada probeta de ensayo, expresadas en miligramos se determina mediante la ecuación siguiente:

$$a = m_2 - m_1$$

Endonde:

a: absorción de agua en miligramos

m_1 : masa de la probeta de ensayo antes de la inmersión en miligramos.

m_2 : masa de la probeta de ensayo después de la inmersión en miligramos.

La absorción de agua para cada probeta de ensayo, expresadas en porcentaje se determina mediante la ecuación siguiente:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

Endonde:

a: absorción de agua en porcentaje

m_1 : masa de la probeta de ensayo antes de la inmersión en miligramos.

m_2 : masa de la probeta de ensayo después de la inmersión en miligramos.

2.3.1.2.6. ESPESOR DE LA PELÍCULA

El espesor de la película se midió con dos micrómetros el uno manual y el otro digital ambos de marca Mitutoyo (Mod. Quickmike Series 293-IP-54; Mitutoyo Corp., Kanawava, Japon), haciéndose 4 medidas en posiciones aleatorias a lo largo de lamisma. El espesor de cada película se calculó como la media aritmética delas 4 medidas tomadas.

2.3.1.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

2.3.1.3.2. DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESOFILOS.

Este análisis se lo realizo mediante la técnica de recuento en placa en base a la norma INEN 1529-5.

2.3.1.3.3. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES

Para realizar este análisis se basó en la técnica del número más probable según la norma INEN 1529-6.

2.3.1.3.4. DETERMINACIÓN DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Este análisis se lo realizo mediante la técnica de recuento en placa de siembra por extensión en superficie en base a la norma INEN 1529-14.

2.3.1.3.5. DETERMINACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS

Para realizar este análisis se basó en la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad según la norma INEN 1529-10.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DEL ANALISIS SENSORIAL DEL BIOENVASE

Cuadro No. 2. Resultado del análisis sensorial del Bioenvase

PARAMETROS								
	FORMULACION	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	ASPECTO	FLEXIBILIDAD	RESISTENCIA
1	A1:B1:C1	Marfil	Inodoro	Insípido	Áspera	Opaco	Quebradiza	Débil
2	A1:B2:C2	Amarillo Claro	Ligeramente dulce	Dulce	Áspera	Opaco	Un poco flexible	Fuerte
3	A1:B3:C2	Amarillo Claro	Dulce	Dulce	Lisa	Opaco	Flexible	Fuerte
4	A1:B4:C2	Amarillo Claro	Dulce	Muy dulce	Lisa-ligeramente pegajosa	Opaco	Flexible	Fuerte
5	A2:B1:C2	Amarillo Claro	Inodoro	Insípido	Áspera	Opaco	Muy poco flexible	Muy fuerte
6	A3:B0:C2	Blanco vela	Inodoro	Insípido	Áspera	Opaco	Rigida	Muy fuerte

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

A: Almidón de yuca

B: Sacarosa

C: Gelatina

Del análisis de los resultados de la evaluación sensorial (cuadro no.2) se tiene que, las formulaciones uno y dos se las descarto ya que tenían muy poca flexibilidad, la resistencia era débil y la textura era áspera, pese a que sus otras características pudieron haberse considerado como aceptables (Debeaufort 1998). Las formulaciones 3 y 4 presentaron características aceptables (Debeaufort 1998), ya que eran flexibles fuertes y de textura lisa, pero de ellas se eligió a la tercera ya que al tratarse de envolturas para caramelos se prefiere

que no tengan mucho dulzor y que su textura no sea pegajosa. La formulación 5 presento una fortaleza muy buena debido a que se aumentó la proporción de almidón, pero su flexibilidadal igual que su textura no era la adecuada. Por tal motivo se la descarto. En la formulación 6 se quiso comprobar el poder plastificante de la sacarosa (Banker 1966) por eso se tomó solo proporciones de almidón de yuca y de gelatina dando como resultado el esperado es decir era muy fuerte pero su flexibilidad era rígida y su textura era áspera.

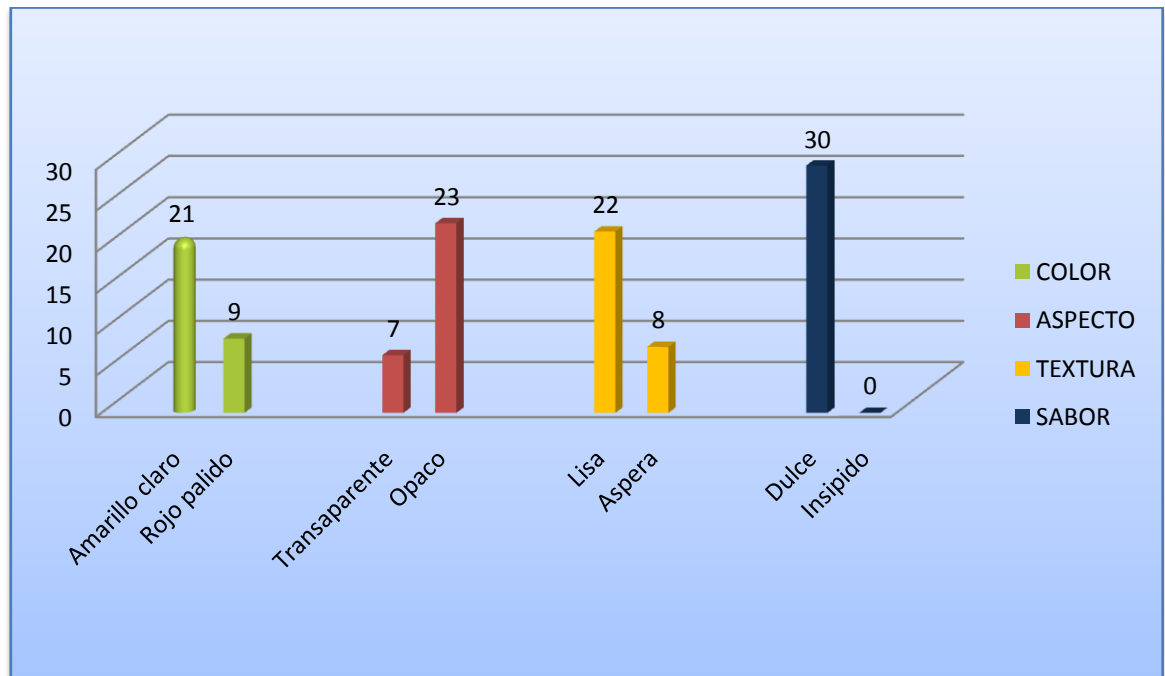
3.2 RESULTADOS DELANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

El análisis de aceptabilidad se lo realizo con la formulación número tres (A1-B3-C2) debido a las características mencionadas en el apartado anterior, se utilizó como disolventes al agua y el extracto de remolacha, la única diferencia entre los dos fue el color ya que el primero tenía un color rojo pálido y el segundo un color amarillo claro.

1. EVALUE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DEL SIGUIENTE PRODUCTO MEDIANTE LA ESCALA PROPUESTA.

Se evaluaron algunos atributos en cuanto a la calidad del bioenvase, mediante el test de comparaciones múltiples, dando como resultado lo siguiente:

Grafico No.1: Resultados de la evaluación de los atributos del bioenvase



Los atributos se los analizo por separado (Anexo 3), así:

Dado que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento la primera característica analizada fue el color. Cabe recalcar que el bioenvase que se elaboro es para caramelos de miel de abeja. Los catadores degustaron los dos bioenvases, de ellos el que mayor aceptabilidad tuvo fue el de agua por su color amarillo claro, esto puede deberse a que según Emma Witing (1981) los consumidores esperan un determinado color para cada alimento. Expresados en porcentaje se tiene que del total de encuestados al 70% le agrado el color amarillo claro y al 30% le agrado el color rojo pálido.

Otro de las características en el que tiene un papel importante la visión es el aspecto, por ser el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia: aspecto, tamaño, color, forma, defectos, etc. (Emma Witing 1981). En este atributo no fue necesario distinguir entre el bioenvase de agua y el de extracto de remolacha dado que su aspecto era el mismo. Los resultados que se obtuvieron nos indica que a pesar de que los colores del bioenvase tienen una tonalidad clara, del total de encuestados el 77% consideran al recubrimiento como opaco en tanto el 23% consideran que es transparente, esto es lógico ya que ambos bioenvases aunque permitían observar al producto no eran totalmente traslucidos.

La tercera característica analizada fue la textura que para su evaluación se la puede determinar mediante la piel y por los músculos sensitivos de la cavidad bucal (Emma Witing 1981). No se pudo diferenciar cuantos catadores aplicaron las dos determinaciones para la evaluación del bioenvase, pero los resultados muestran que el 27% lo consideran como áspero mientras que el 73% lo consideran como liso. Talvez el 27% que lo considero como áspero evaluó al bioenvase antes de degustarlo, ya que al sentirlo en el paladar es liso dado que se disuelve en la boca.

La cuarta característica analizada fue el sabor, que nos muestra que el total de encuestados consideraron al recubrimiento como dulce ya que uno de los ingredientes es la sacarosa, esto es comprensible dado que según Emma Witing (1981), la sacarosa es el ingrediente considerados como umbral para el dulzor y además al no utilizarse utilizo otra sensación

(amargo, ácido, salado, dulce) para que opaquen a este era el único que predominaba en la solución.

2. EVALÚE EL ENVASE DEL SIGUIENTE PRODUCTO

- a) Me gusta
- b) Ni me gusta ni me disgusta
- c) No me gusta

Para realizar esta prueba se utilizó el test de escala hedónica ya que este para medir preferencias y además medir estados psicológicos (Emma Witing 1981). De las 30 personas encuestadas al 72% les gustó el bioenvase, al 12% ni les gusta ni les disgusta y al 16% no les gustó, para esta evaluación se basaron en las características antes mencionadas (color, aspecto, textura y sabor). Dándonos un porcentaje alto de aceptación del producto.

La mayor causa por la cual no les gustó el bioenvase fue el sabor ya que a algunas personas les pareció muy dulce y otro tenían alguna enfermedad asociada al exceso de azúcar como la diabetes. Otra de las causas mencionadas fue la inocuidad ya que algunos pensaban que el envase no era inocuo.

3. SI LE GUSTO EL PRODUCTO SEÑALE QUE CARACTERÍSTICAS LE AGRADO

- a) Innovador
- b) Novedoso
- c) Original
- d) Atractivo

Del grupo de personas a las cuales les gustó el envase se les preguntó cuáles fueron las características que les agradó dando como resultado que al 39% les pareció innovador, al 28% novedoso, al 22% original y al 11% atractivo. A la mayoría les pareció un producto innovador ya que no existen en el mercado pero sobre todo por colaborar con el cuidado del medio ambiente.

3.3 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD

Mediante este ensayo se determino la viscosidad del bioenvase a 20°C, tano del que presento las mejores características para ser considerado como tal (Debeaufort 1998) y del que no se lo considero como adecuado por ser muy pegajoso, esto se lo hizo para poder determinar si existe una diferencia relevante entre las dos medidas de viscosidad. Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro No. 3. Resultado del análisis de la viscosidad

	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Media
Agua	10.30	10.29	10.47	10.35
Formulación (1:3:2)	14.10	14.25	13.88	14.08
Formulación (1:4:2)	15.72	15.82	15,32	15.62

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Con estos datos aplicamos la fórmula para medir la viscosidad en grados engler:

$$^{\circ}E = \frac{\text{tiempo de la formulación}}{\text{tiempo del agua}}$$

- Calculo de la viscosidad de la formulación 1:3:2

$$^{\circ}E = \frac{14.08}{10.35}$$

$$^{\circ}E = 1.36$$

- Calculo de la viscosidad de la formulación 1:4:2

$$^{\circ}E = \frac{15.62}{10.35}$$

$$^{\circ}E = 1.51$$

Los grados Engler obtenidos se los transforma en centistokes con la siguiente fórmula:

$$\text{Stokes} = 0.084 \text{ } ^\circ E - \frac{0.08}{^\circ E}$$

- Calculo de la viscosidad de la formulación 1:3:2

$$\text{Stokes} = 0.084 (1.36) - \frac{0.08}{1.36}$$

$$\text{Stokes} = 0.0554$$

$$\text{Centistokes} = 5.54$$

- Calculo de la viscosidad de la formulación 1:4:2

$$\text{Stokes} = 0.084 (1.51) - \frac{0.08}{1.51}$$

$$\text{Stokes} = 0.0738$$

$$\text{Centistokes} = 7.34$$

- Viscosidad del agua a 20°C es 1.0038 cSt

La medida de la viscosidad obtenida para la formulación A1:B3:C2 fue de 5.54 cSt y para la formulación A1:B4:C2 fue de 7.34 cSt. Con estos resultados comprobamos que si existe una diferencia en cuanto a viscosidad entre los dos, a más de eso obtuvimos una medida que puede tomarse como base para realizar posteriores bioenvases con distintos ingredientes. Comparando con la viscosidad del agua las dos formulaciones son más viscosas que este. También comprobamos que mientras más caliente este la formulación su viscosidad es menor es decir fluyen con mayor facilidad, en cambio cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta, por tanto podemos indicar que su viscosidad no es constante con el tiempo. Debido a este comportamiento lo podemos clasificar como un fluido no newtoniano. (Clyde Mez 1991).

3.4 RESULTADOS DEL ESPESOR DE LA PELÍCULA

Las medidas del espesor se las resume en el cuadro no. 4, se observa que la media calculada nos da un valor de 0.09 mm, al no existir una norma para bioenvases este valor se lo comparo con los proporcionados en la NTE INEN 2542 para laminas plásticas (dado que el producto tiene el mismo objetivo que es el de servir de protección), al realizar esta comparación comprobamos que el bioenvase se encuentra dentro de los parámetros

permitidos. Esta medida de espesor nos sirve para predecir la tracción que va a tener el producto dado que mientras menos espesor tenga el bioenvase la tracción va a ser menor y viceversa (Ortiz Berrocal Luis 2007). Por tanto el bioenvase puede tener una tracción similar a la de las láminas plásticas.

Cuadro No. 4. Resultado del análisis del espesor del bioenvase

Mediciones	Espesor (mm)	Media
Muestra I	0.10	0.09
Muestra II	0.08	
Muestra III	0.10	
Muestra IV	0.09	

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

3.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN HASTA ROTURA

Los análisis realizados en el laboratorio de mecánica se los muestra en el anexo 2, dándonos como resultados más importantes los siguientes:

Cuadro No. 5. Resultado del análisis de la tracción del bioenvase

MUESTRA N°	1	2	3
CARACTERISTICA	Probeta	Probeta	Probeta
ESPEJOR (mm)	0.1	0.1	0.1
ANCHURA (mm)	19.5	20	19.6
SECCION TRANSVERSAL (cm ²)	0.0195	0.0200	0.0196
CARGA MAXIMA (Kg)	2.29	3.23	2.8
ESFUERZO MAXIMO (Kg/cm ²)	117.44	161.50	142.86

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Se realizaron 3 ensayos con la formulación que presento mejores características sensoriales, el espesor de las tres muestras fue de 0.1 mm, la anchura varia de 19.5 a 20 mm, la sección transversal es decir el ancho de la muestra varia de 0.0195 a 0.0200 mm, estas características se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma NTE INEN 2637:2012.

El esfuerzo máximo se cálculo de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{f}{a}$$

- Calculo del esfuerzo máximo de la probeta I

$$\sigma = \frac{2.29}{0.0195}$$

$$\sigma = 117.44 \text{ Kg/cm}^2$$

- Calculo del esfuerzo máximo de la probeta II

$$\sigma = \frac{3.23}{0.0200}$$

$$\sigma = 161.50 \text{ Kg/cm}^2$$

- Calculo del esfuerzo máximo de la probeta III

$$\sigma = \frac{2.8}{0.0196}$$

$$\sigma = 142.86 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo máximo calculado (tracción) en las tres muestras nos presenta una media de 140.6 Kg/cm^2 esto nos indica que el bioenvase tiene una resistencia aceptable ya que comparándolo con una funda de polietileno que presenta un esfuerzo máximo de 150 Kg/cm^2 se observa que no hay una gran diferencia entre las dos medidas. Se lo comparo también con el papel celofán ya que este es también un plástico un poco más débil, este presenta un esfuerzo máximo de 95 Kg/cm^2 con esto ratificamos que el bioenvase formado presenta una resistencia aceptable.

3.6 RESULTADOS DE LA PERMEABILIDAD AL AGUA

La prueba se realizó dos veces siguiendo el método que se describe en la NTE INEN 2048 para láminas plásticas, en la primera, la probeta luego de las 24 horas de inmersión en agua se solubilizo completamente impidiendo que se pueda pesar. Por eso se hizo algunas modificaciones (dado que el tipo de probeta que se analizó contiene compuestos hidrosolubles) en cuanto al tiempo de inmersión en agua, cambiando de 24 horas a 1 hora

con una temperatura de 25°C. Los análisis se realizaron por triplicado dando los siguientes resultados:

Cuadro No. 6. Resultado de análisis de la absorción de agua

	Peso antes de calentamiento	Peso después de 24 horas de calentamiento a 50°C (m1)	Peso después de calentamiento en agua por una hora a 25°C (m2)
Probeta 1 (C-17)	0,4441	0.2213	0.3985
Probeta 2 (C-22)	0.3751	0.1846	0.3273
Probeta 3 (C-33)	0,3372	0.1585	0.2914

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Mediante la aplicación de fórmulas hallamos la cantidad de absorción de agua en gramos y en porcentaje:

Probeta 1

- Absorción de agua en gramos

$$a = m2 - m1$$

$$a = 0,3985 - 0.2213$$

$$a = 0.1772$$

- Absorción de agua en porcentaje

$$a = \frac{m2 - m1}{m1} \times 100$$

$$a = \frac{0.3985 - 0.2213}{0.2213} \times 100$$

$$a = 80.07\%$$

Probeta 2

- Absorción de agua en gramos

$$a = m2 - m1$$

$$a = 0.3273 - 0.1846$$

$$a = 0.1427$$

- Absorción de agua en porcentaje

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

$$a = \frac{0.3273 - 0.1846}{0.1846} \times 100$$

$$a = 77.30\%$$

Probeta 3

- Absorción de agua en gramos

$$a = m_2 - m_1$$

$$a = 0.2917 - 0.1587$$

$$a = 0.133$$

- Absorción de agua en porcentaje

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

$$a = \frac{0.2917 - 0.1587}{0.1587} \times 100$$

$$a = 83.81\%$$

Los resultados indican que la probeta absorbe un promedio de 80% de agua, esto es comprensible dado que es un bioenvase formado por polisacáridos que al entrar en contacto con el agua forman puentes de hidrogeno favoreciendo su entrada al interior de la estructura (McHugh y Krochta 1994). Esto no ocurre en las láminas plásticas debido a que no pueden formar puentes de hidrogeno y de allí que surge el problema de la contaminación que provocan.

3.7 RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Debido a los ingredientes y a la manipulación que se sometió al bioenvase para su preparación, se realizó el análisis microbiológico para cuatro microorganismos, los cuales mostraron los siguientes resultados:

Cuadro No. 7. Resultado del análisis microbiológico

DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Aerobios Mesófilos UFC/100g	Siembra en superficie	2900
Coliformes Fecales UFC/100g	Número más probable	Ausencia
StaphylococcusAureus UFC/100g	Númeromás probable	88000
Mohos y Levaduras UPC/100g	Siembra en superficie	110

FUENTES: Qcamik

Estos resultados se los transformo a los en unidades de UFC/g, ya que es la escala en la que se expresan en las normas INEN

Cuadro No. 8. Transformación a unidades de UFC/g

DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
Aerobios Mesófilos UFC/g	Siembra en superficie	$2,9 \times 10^1$
Coliformes Fecales UFC/g	Número más probable	Ausencia
StaphylococcusAureus UFC/g	Número más probable	$8,8 \times 10^2$
Mohos y Levaduras UPC/g	Siembra en superficie	1,1

FUENTE: Sr, Irvin Tubón

Dado a que no existe una norma INEN para bioenvases se compara los datos del análisis con los de la materia prima y la de caramelo duro.

Cuadro No. 9. Análisis del resultado de Aerobios Mesófilos

MATERIA PRIMA	MICROORGANISMO	UNIDAD	MAXIMO	NORMA
Almidón de yuca	Aerobio Mesófilos	UFC/g	2×10^5	FAO (ICONTEC, 1998)
Sacarosa	Aerobio Mesófilos	UFC/g	$2,0 \times 10^2$	NTE INEN 259
Gelatina	Aerobio Mesófilos	UFC/g	5×10^3	NTE INEN 1961
Caramelo duro	Aerobio Mesófilos	---	---	---

FUENTE: NTE INEN 1291,22171 Y 259

Comparando los resultados de Aerobios Mesófilos del bioenvase con los 3 ingredientes, podemos observar que a pesar de que si existe una contaminación, se encuentra dentro de los

parámetros considerados como permitidos. La contaminación existente se puede deber a factores externos como el aire, el agua o al manipulador.

Cuadro No. 10. Análisis del resultado de Coliformes Fecales

MATERIA PRIMA	MICROORGANISMO	UNIDAD	MAXIMO	NORMA
Almidón de yuca	Coliformes fecales	UFC/g	<10	FAO (ICONTEC, 1997)
Sacarosa	Coliformes fecales	UFC/g	----	----
Gelatina	Coliformes fecales	UFC/g	<3	NTE INEN 1961
Caramelo duro	Coliformes fecales	NMP	<3	NTE INEN 2217

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Los resultados de Coliformes fecales nos muestran que no existe ninguna contaminación de este tipo. Puede deberse a que la mayoría de contaminaciones por Coliformes fecales se da por la manipulación de materias primas de origen animal aunque según BibekRay (2010), también se ha comprobado que hay un cierto crecimiento en almidones, suelo y agua contaminada. Este nos da un indicador de que al alimento se lo podría considerar como inocuo.

Cuadro No. 11. Análisis del resultado de Staphylococcus Aureus

MATERIA PRIMA	MICROORGANISMO	UNIDAD	MAXIMO	NORMA
Almidón de yuca	Staphylococcus Aureus	UFC/g	----	----
Sacarosa	Staphylococcus Aureus	UFC/g	----	----
Gelatina	Staphylococcus Aureus	UFC/g	Ausencia	NTE INEN 1961
Caramelo duro	Staphylococcus Aureus	UFC/g	<1,0X10 ¹	NTE INEN 2217

FUENTE: Sr. Irvin Tubón

Al analizar los resultados de Staphylococcus Aureus podemos ver que no existen parámetros establecidos para este microorganismo en la mayoría de los ingredientes salvo en el caramelo, así que si lo comparamos con este tenemos que el bioenvase presenta una gran contaminación. Esto podría deberse a que según BibekRay (2010) este tipo de microorganismo crece bien con una a_w relativamente baja, a pH bajo y a concentraciones altas de sal y azúcar. A más de eso se hallan de manera natural presentes en la nariz, garganta, piel y cabellos de los seres humanos saludables, animales y plantas. Se debe tener

mucho cuidado con este tipo de contaminación ya que según BibekRay (2010) puede causar una intoxicación alimenticia e incluso producir gastroenteritis.

Cuadro No. 12. Análisis del resultado de Mohos y Levaduras

MATERIA PRIMA	MICROORGANISMO	UNIDAD	MAXIMO	NORMA
Almidón de yuca	Mohos y Levaduras	UFC/g	5×10^3	FAO (ICONTEC, 1997)
Sacarosa	Mohos y Levaduras	UFC/g	$1,0 \times 10^2$	NTE INEN 259
Gelatina	Mohos y Levaduras	UFC/g	50	NTE INEN 1961
Caramelo duro	Mohos y Levaduras	UFC/g	$5,0 \times 10^1$	NTE INEN 2217

Fuente: Sr Irvin Tubón.

Analizando los parámetros de Mohos y levaduras observamos que existe una contaminación aunque no en gran medida ya que comparándolo con los rangos máximos permitidos se encuentra dentro de ellos. La presencia de estos microorganismos es comprensible ya que según BibekRay (2010) la mayoría de los ingredientes al ser carbohidratos son un buen sustrato para el crecimiento de ellos.

Con todos estos resultados, se puede decir que la ausencia de Coliformes Fecales y el conteo bajo en la mayoría de los demás microorganismos da a notar que es un producto elaborado bajo condiciones adecuadas de higiene que cumplen con la Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) lo que garantiza que es un producto apto para ser consumido; así también demuestra seguridad en el bienestar del consumidor.

De no aplicarse las BPH y las BPM, la principal fuente de contaminación para estos productos sería las condiciones de almacenamiento de la materia prima. Se conoce que especialmente los cereales, deben acondicionarse en lugares secos, ya que si se controla la humedad del grano, se puede evitar en gran manera los peligros debidos a los hongos productores de micotoxinas, según lo indica Atlas R. (2002).

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

1. Se formuló, elaboró y evaluó el bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina, seleccionándose solo una formulación (A1:B3:C2) de las seis que se ensayaron variando las proporciones de los ingredientes para así obtener un producto con color, olor, aspecto, textura, sabor, flexibilidad y resistencia óptima para la calidad sensorial que requiere el consumidor.
2. Al realizar la prueba de aceptabilidad se fijó que el bioenvase obtuvo un buen porcentaje de aprobación debido a sus atributos sensoriales y a la innovación que presenta por contribuir con el cuidado del medio ambiente.
3. El análisis físico-químico realizado determinó que el bioenvase presenta características que permiten compararlo con un plástico común a pesar de tener una alta permeabilidad al agua. Pero lo más importante es que se logró conseguir una herramienta que a más de servir de protección es amigable con el medio ambiente ayudando así a que exista menos contaminación.
4. Por último al realizar el análisis microbiológico se determinó que a pesar de tener una cierta contaminación, la mayoría de los microorganismos se encontraban dentro de los parámetros máximos, por tanto se puede decir que el bioenvase es apto para el consumo humano.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

1. Esta investigación se lo debería realizar utilizando otro tipo de plastificante en vez de la sacarosa como el polietilenglicol, propilenglicol, sorbitol, glucosao glicerol. Ya que en hay varios individuos que tienen problemas con el consumo de azúcar. Además se debería probar este mismo bioenvase en diferentes caramelos.
2. Se recomienda adicionar a este tipo de bioenvase hidrosoluble un lípido y un emulsionante para que se evite así la permeabilidad del agua.
3. Al elaborar el bioenvase se recomienda cumplir con las BPH para poder tener una seguridad en cuanto a inocuidad alimentaria.
4. Se debería tomar en cuenta la creación de una norma técnica para bioenvases o para recubrimientos comestibles, para poder realizar posteriores investigaciones.
5. Se recomienda seguir con este tipo de investigaciones ya que a más de crear un producto nuevo se está contribuyendo con el cuidado del medio ambiente, dado que en esta época la gente ya no se preocupa mucho por ello.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN

La formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina, se realizó en los laboratorios de la Empresa LA CERAMICA y en los laboratorios de Bioquímica, Alimentos y Mecánica de la ESPOCH.

Para el estudio se aplicó un método inductivo-deductivo, para lo cual se eligió la formulación con la proporción de Almidón de yuca (1), sacarosa (3) y gelatina (2) debido a que presenta las mejores características sensoriales (color, aspecto, textura y sabor), el disolvente que se utilizó fue agua mineral. Al aplicar el test de consumidores dio como resultado la aceptación del mismo, por lo tanto se estableció el análisis físico-químico y microbiológico del bioenvase.

Obteniéndose como resultado en el análisis físico-químico, una viscosidad de 5,54 cSt, un espesor de 0,09 mm, un esfuerzo máximo (tracción a la rotura) de 140,6 Kg/cm², una permeabilidad al agua del 80%, y en el análisis microbiológico para Aerobios Mesófilos $2,9 \times 10^1$ UFC/g, para Coliformes Fecales ausencia, para Staphylococcus Aureus $8,8 \times 10^2$ UFC/g, para Mohos y Levaduras 1,1 UPC/g

Se concluye que este bioenvase por las características sensoriales antes mencionadas es un producto innovador, por las características microbiológicas tiene buena calidad sanitaria, además presenta buenas características físico-químicas y contribuye con el cuidado del medio ambiente.

Se recomienda seguir con este tipo de investigaciones ya que al crear este producto con propiedades similares al plástico puede servir como envase y además ser una protección para productos como caramelos siendo así una alternativa para la protección del medio ambiente.

SUMMARY

The formulation, production, and evaluation of a bio-packaging for candies made of yucca starch, sucrose and gelatin were performed in the laboratories of “LA CERMICA” company and in the labs of Biochemistry, Food, and Mechanic of ESPOCH.

The inductive-deductive method was applied. The formulation by using a proportion of yucca starch (1), sucrose (3) and gelatin (2) was chosen because of its appropriate sensorial features (color, appearance, texture, and flavor). Mineral water was used like a solvent. Applying a test to customers evidenced the acceptance of this. So the physical-chemical and microbiological analysis of the bio-packaging were established.

Viscosity 5,54 cSt(centistoke), density 0,09 mm, strength at break 140,6 Kg/cm², permeability to water 80%, and the microbiological analysis to *Mesophilic Aerobic* 2,9x10¹ CFU/g (colony-forming units/g.), the lack of fecal coliform, *Staphylococcus Aureus* 8,8x10² CFU/g (colony-forming units/g.), mildews and yeasts 1,1 CPU/g (colony-propagation unit/g) were obtained as a result of this analysis.

This bio-packaging was determined as an innovative product based on its appropriate sensorial features. It has sanitary quality, good physical-chemical features, and contributes to the environmental care according to its microbiological characteristics. Keeping the performing of this kind of research is recommended. Creating this product with properties similar to plastic may be used like a packaging of products like candies and might help to the environment care at the same time.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **ADAME, A.**, Contaminación Ambiental y Calentamiento Global., Buenos Aires-Argentina., Trillas., 2010., Pp., 85-93.
2. **ARUN, B.**, Fundamentos de Microbiología de los Alimentos., México DF-México., Mc Graw Hill., 2010., Pp., 193-247.
3. **ASTIASARÁN, I.**, Alimentos Composición y Propiedades., México DF-México., Mc Graw Hill., 2005., Pp., 213-214.
4. **ATLAS, M.**, Microbiología, fundamentos y aplicaciones., 2a.ed., Buenos Aires-Argentina., Continental., 1990., Pp., 523-546.
5. **BADUID, S. y WESLEY, A.**, Química de los Alimentos., México DF-México., Pearson., 1999., Pp., 84-96.
6. **BOLAÑOS, P. Y OTROS.**, Aspectos Tecnológicos de la Agroindustria., San José-Costa Rica., UNED., 2002., Pp., 157-158.
7. **BUSTAMANTE, W.**, Apuntes de Mercadotecnia para la Microempresa Rural., Santiago de Chile-Chile., COPYRIGHT., 2001., Pp., 51.

8. **CAREAGA, J.,** Manejo y Reciclaje de los Residuos de Envases y Embalajes., México DF-México., SEDESOL., 1993., Pp., 22-25.
9. **CENGEL, A.,** Mecánica de Fluidos, fundamentos y aplicaciones., México DF-México., McGraw-Hill., 2006., Pp., 459-475.
10. **CODEX ALIMENTARIUS.,** Etiquetado de los Alimentos., 5a.Ed., Roma-Italia., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 2007., Pp., 1-2.
11. **CHARLEY, H.,** Tecnología de Alimentos., México DF-México., LIMUSA., 1991., Pp., 615-619.
12. **DESROSIER, W.,** Conservación de Alimentos., Bogotá-Colombia., Continental., 1984., Pp., 398-405.
13. **DOMÍNGUEZ, C.,** Yuca investigación, producción y utilización., México DF-México., Ediciones B., 1983., Pp., 423-428.
14. **ESCUADERO, B.,** Almidón, propiedades físico químicas, funcionales y nutricionales., Quito-Ecuador., Escuela Politécnica Nacional., 1996., Pp., 145-157.
15. **GIANOLA, C.,** La industria del chocolate, bombones, caramelos y confitería., Bogotá-Colombia., Paraninfo., 1986., Pp., 201-213.
16. **GRUPO LATINO.,** Ciencia Tecnología e Industria de Alimentos., Bogotá-Colombia., Grupo Latino., 2008., Pp., 345-351.

17. **GREENER, O.**, Edible Films and Coatings., Pensilvania-Estados Unidos., Lancaster., 2000., Pp., 1-21.
18. **HART, L.**, Análisis Moderno de los Alimentos., Madrid-España., ACRIBIA., 1971., Pp., 59-62.
19. **KROCHTA, B. y NISPEROS, M.**, Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides., Pensilvania-Estados Unidos., Lancaster., 1994., Pp., 305-336.
20. **METZ, C.**, Físico Química., Bogotá-Colombia., Mc Graw Hill., 1991., Pp., 57-72.
21. **MOTT, L.**, Mecánica de Fluidos., México DF-México., Pearson Educación., 2006., Pp., 512-521.
22. **ORTIZ, L.**, Tecnología de los Materiales., México DF-México., Mc Graw Hill., 2001., Pp., 320-343.
23. **PARDAVÉ, W.**, Envases y medio ambiente., México DF-México., Eco Ediciones., 2004., Pp., 54-621.
24. **PEGGY, A.**, Técnicas de Envasado y Empaque., Lima-Perú., UNIFEM., 1998., Pp., 21-22.
25. **SANCHÉZ M.**, Procesos de Elaboración de Alimentos y Bebidas., 2a.ed., Madrid-España., Mundi Prensa., 2003., Pp., 87.

26. **SANCHO, J.,** Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos., México DF-México., Alfaomega., 2002., Pp., 101-142.
27. **VILLEGAS, F.,** Evaluación y Control de la Contaminación., Lima-Perú., Universidad Nacional., 1995., Pp. 92-97.
28. **BLANCO, B. y OTROS.,** Revista Digital el envasado activo e inteligente una prometedora visión de futuro., Vol 137., Zaragoza-España., Eurocarne., 2005., Pp., 45-54.
29. **CATALÁ, R. y GAVARA, R.,** Revista Digital., La Innovación Tecnológica en los Envases para Alimentos., vol. 145., Zaragoza-España., Eurocarne., 2006., Pp., 49-58.
30. **DEMUNER, D. y VERDALET, I.,** La Ciencia y el Hombre., Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana., vol. 16., México DF-México., LIMUSA., 2004., Pp., 24-29.
31. **DEMUNER, D. y VERDALET, I.,** La Ciencia y el Hombre., Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana., vol. 17., México DF-México., LIMUSA., 2004., Pp., 12-17.
32. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Laminas Plásticas., Requisitos., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 2542., 2011., Pp., 4.
33. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Plásticos., Determinación del índice de viscosidad., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 2542., 1996., Pp., 4.

34. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Plásticos., Determinación de la absorción de agua., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 2048., 1996., Pp., 3.
35. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Plásticos., Ensayo de tracción., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 2637., 2012., Pp., 4.
36. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Azúcar Blanca, requisitos., INEN., NTE INEN 259., 2000., Pp., 3.
37. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Gelatina pura comestible, requisitos., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 1961., 1993., Pp., 4.
38. **INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.,** Productos de confitería, requisitos., Quito-Ecuador., INEN., NTE INEN 2217-1., 2012., Pp., 5.
39. **ALDAZ, R.,** Efecto de la aplicación de recubrimientos alcaloidales del chocho en la vida útil del borojo., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Facultad de Ciencias., ESPOCH., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, Riobamba 2009., Pp., 66-70
40. **CARREARA, C.,** Recubrimiento comestible de bombones a base de Gelatina, glucosa y/o caseína., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Facultad de Ciencias., ESPOCH., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2011., Pp., 25-61.
41. **NAVARRO, M.,** Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas

y mandarinas., Departamento de Tecnología de Alimentos., Universidad de Valencia., **TESIS.**, 2007., Pp., 12-29.

42. ALMIDON Y SUS UTILIDADES

<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/RinconC/Curiosid/Rc-58.htm>

2011/11/06

43. AMINOACIDOS DE LA GELATINA

<http://alimentos.org.es/aminoacidos-gelatina>

2010/11/19

44. APLICACION DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

<http://www.slideshare.net/postcosecha/recubrimientos-comestibles>

2010/02/26

45. BETALAINAS

<http://www.profitocoop.com.ar/articulos/Betala%EDnas.pdf>

2010/03/21

46. BETALAINAS EN REMOLACHA

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/614/61412211.pdf>

2011/08/29

47. CALIDAD DE FRUTAS FRESCAS CORTADAS Y PELICULAS COMESTIBLES.

<http://www.innovay.info/docs/presentaciones/22005DOCOlgaMartin.pdf>

2010/06/09

48. CLASES DE EMPAQUES

<http://junioralex.blogcindario.com/2009/08/00007-clases-de-empaques.html>

2011/04/04

49. COLORANTES

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/colorartif.html>

2011/03/21

50. ELABORACION DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES FORMULADOS CON GOMA DE MEZQUITE Y CERA DE CANDELILLA PARA REDUCIR LA CINETICA DE DETERIORO EN FRESCO DEL LIMON PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

<http://148.206.53.231/UAMI10845.PDF>

2011/05/05

51. ESTRUCTURA DEL ALMIDON.

<http://www.milksci.unizar.es/bioquimic/tem/azucares/almidon.html>

2009/03/12

52. GELATINA

<http://www.gelatine.org/es/gelatine/overview/129.htm>

2010/11/25

53. GUÍA TÉCNICA PARA PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE ALMIDÓN DE YUCA

<http://www.fao.org/docrep/010/a1028s/a1028s00.htm>

2010/05/21

54. HIDRATOS DE CARBONO

<http://www.ual.es/docencia/jfernand/ATA/Tema5/Tema5HidratosCarbo.pdf>

2011/08/12

55. LA GELATINA

<http://www.gelatine.org/es/gelatine/legislation/140.htm>

2010/06/17

56. MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS, STAPHYLOCOCCUS AUREUS

<http://www.bvsops.org.uy/pdf/aureus.pdf>

2008/01/21

57. NUEVOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES PARA VEGETALES

<http://www.directoalpaladar.com/tecnologias.conservacion/nuevosrecubrimientoscomestibles-para-vegetales.pdf>

2011/08/29

58. PELÍCULAS COMESTIBLES

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/yu_h_pa/capitulo4.pdf

2011/04/05

59. PLASTICOS SOLUBLES E INSOLUBLES

<http://centros5.pntic.mec.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/Rc-37/RC-37.htm>

2011/09/21

60. PROPIEDADES DE LA YUCA

<http://www.sanopordentro.com/propiedades-de-la-yuca.html>

2010/09/06

61. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA SACAROSA.

<http://www.telefonica.net/web2/cienciaconbuengusto/Paneles/Panel%20SACAROSA.pdf>

2010/04/03

62. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN VEGETALES

<http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/831/69831.pdf>

210/08/24

63. Reglamento (CE) N° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos. (DOCE, 13 de noviembre de 2004).

http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2004/l_338/l_33820041113es00040017.pdf

2011/04/05

64. SACAROSA

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/explic.htm>

2011/05/08

65. TIPO DE ENVASES PARA ALIMENTOS

<http://www.monografias.com/trabajos6/envasealimeto/envasesalimentos.html>

2011/04/04

66. TONALIDADES DE COLORES

<http://www.pinturayartistas.com/nombre-de-los-colores-connotaciones.html>

2009/07/16

67. TOXICIDAD YUCA

<http://www.botanical-online.com/alcaloidesyuca.htm>

2011/02/17

68. VIDA ÚTIL

<http://www.cita.ucr.ac.cr/Alimentica/EdicionesAnteriores/Volumen%206,2009/Articulo/Vida%20Util.pdf>
2010/08/29

69. VIDA UTIL DE LAS MANZANAS

<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=49583>
2010/08/27

70. YUCA

<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1437>
2010/10/07

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

8.1. ANEXO N°1. ENCUESTA APLICADA PARA EL ANALISIS DE ACEPTABILIDAD

ENCUESTA EVALUATIVA SEGÚN ESCALA EDONICA

SÍRVASE A DEGUSTAR EL PRODUCTO Y LLENE LA SIGUIENTE ENCUESTA

1. EVALUE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DEL SIGUIENTE PRODUCTO MEDIANTE LA ESCALA PROPUESTA.

Color		Aspecto		Textura		Sabor	
Rojo pálido		Transparente		Lisa		Dulce	
Amarillo claro		Opaco		Áspera		Insípido	

2. EVALUE EL ENVASE DEL SIGUIENTE PRODUCTO

- a) Me gusta
- b) Ni me gusta ni me disgusta
- c) No me gusta

3. SI LE GUSTO EL PRODUCTO SEÑALE QUE CARACTERISTICAS LE AGRADO

- a) Innovador
- b) Novedoso
- c) Original

d) Atractivo

4. SI NO LE GUSTO EL ENVASE, MENCIONE CUALES FUERON LAS RAZONES.

8.2. ANEXO N°2. RESULTADO DEL ANALISIS MECÁNICO DEL BIOENVASE



epoch

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECANICA
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

ENSAYO DE TRACCIÓN

MATERIAL: PLÁSTICO

TIPO DE MATERIAL: PLÁSTICO BIODEGRADABLE

SOLICITADO POR: SR. IRVIN TUBÓN

FECHA DE ENSAYO: 10-oct-12

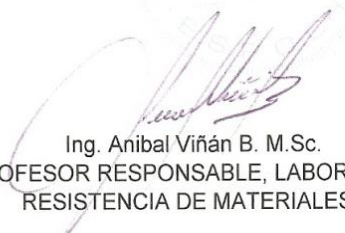
RESULTADOS DEL ENSAYO:

MUESTRA N°	1	2	3
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	1A	1B	1C
CARACTERISTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,1	0,1	0,1
ANCHURA [mm]	19,5	20	19,6
SECCION TRANSVERSAL [cm ²]	0,0195	0,0200	0,0196
CARGA MAXIMA [Kg]	2,29	3,23	2,8
ESFUERZO MAXIMO [Kg/cm ²]	117,44	161,50	142,86

Riobamba, 10-oct-12

OBSERVACIONES:

Revisado por:


Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
PROFESOR RESPONSABLE, LABORATORIO
RESISTENCIA DE MATERIALES

8.3. ANEXO N°3. RESULTADO DEL ANALISIS MICROBIOLOGICO



Contáctanos: 093387300 - 032942022 ó 093806600 – 03360-260
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

EXAMEN MICROBIOLOGICO DE ALIMENTOS

CLIENTE: Sr. Irvin Tubón	CODIGO: 202 -12
DIRECCION:	TELEFONO:
TIPO DE MUESTRA: Plástico Biodegradable	
FECHA DE RECEPCIÓN: 2012-11-13	
FECHA DE MUESTREO: 2012-11-19	

0.1.- EXAMEN FISICO
COLOR: Incolora.
ASPECTO: Homogeneo.

02.- DETERMINACIONES	METODO USADO	VALOR ENCONTRADO
<i>Aerobios Mesófilos UFC/100g</i>	Siembra en superficie	2900
<i>Coliformes Fecales UFC/ 100g</i>	Número más probable	Ausencia
<i>Staphylococcus Aureus UFC/100g</i>	Número más probable	88000
<i>Mohos y levaduras UPC/100g</i>	Siembra en Superficie	110

03 OBSERVACIONES:

FECHA DE ANALISIS: 2012-11-13
FECHA DE ENTREGA: 2012-11-19

RESPONSABLES:




 Dra. Gina Alvarez Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos Dra. Fabiola Villa

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

8.4. ANEXO N°4. GRAFICOS DE LA ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD

Grafico No.2: Resultados de la evaluación del color

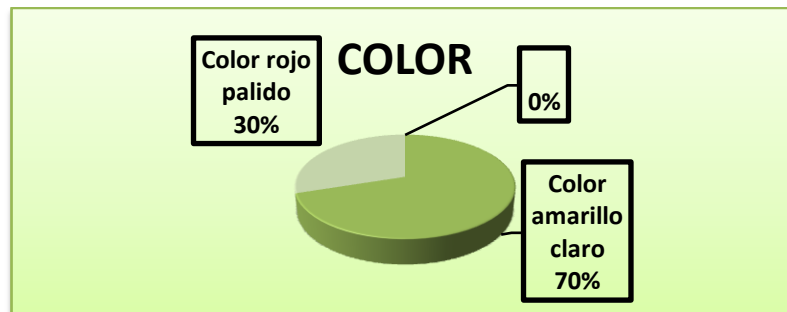


Grafico No.3: Resultados de la evaluación del aspecto

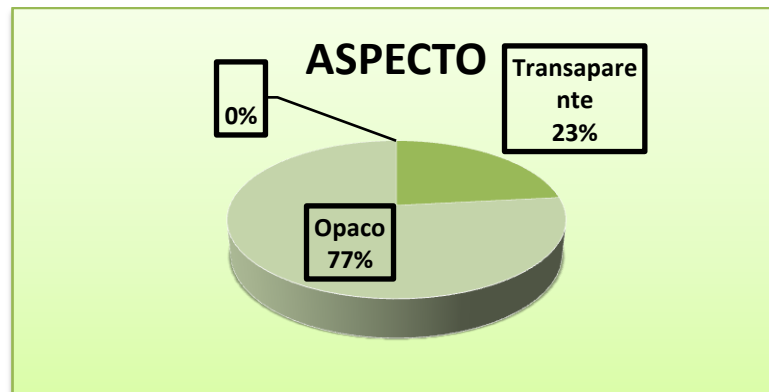


Grafico No.4: Resultados de la evaluación de la textura.

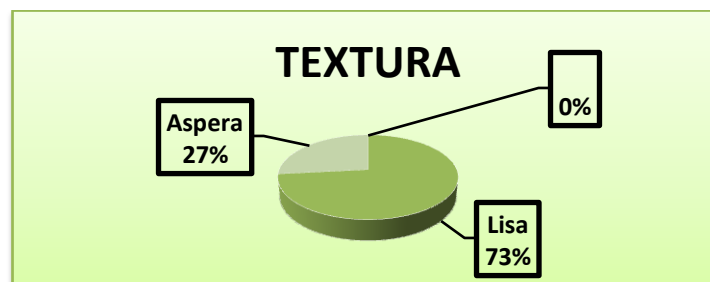


Grafico No.5: Resultados de la evaluación del sabor

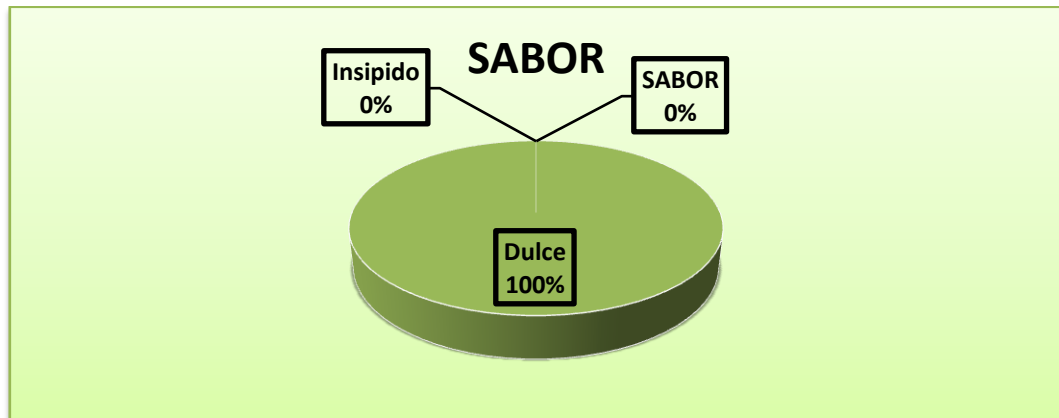
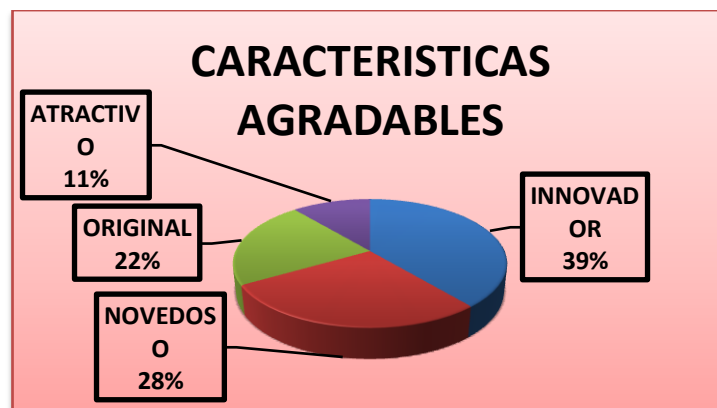


Grafico No.6: Resultados de la evaluación del bioenvase



Grafico No.7: Resultados de las características de agrado del bioenvase



8.5. ANEXO N°5. FOTOGRAFÍAS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.

PREPARACION DE LAS FORMULACIONES







PRUEBAS FISICO-QUIMICAS







